SUPER INTERESSANTE

EDIÇÃO 340-B - NOVEMBRO / 2014
ISSN 0104178-9
R$ 14,00

UNIVERSO

O COSMOS SEGUNDO A SUPER

As melhores reportagens dos 27 anos da SUPER sobre o espaço, o tempo e os limites da ciência – agora revistas e atualizadas. Uma viagem do infinito ao infinitesimal. Como você nunca viu.

EINSTEIN URGENTE: O FUTURO JÁ ACONTECEU. P. 40

UMA JORNADA INTERESTELAR PELAS DIMENSÕES OCULTAS. P. 48

COMO VOAR MAIS RÁPIDO QUE A LUZ, E VOLTAR NO TEMPO. P. 60

DE ONDE VIEMOS. PARA ONDE VAMOS. E O FIM DE TUDO. P. 64

Abril

Rogério Castelo – 03/11/2015

A ÁRVORE DO **CONHECIMENTO** NÃO PARA DE **GERAR FRUTOS**

Encontre todas as obras lançadas pelo PLANETA SUSTENTÁVEL em nossa loja virtual. E ajude-nos a plantar, regar e cultivar um futuro melhor.

Lojas Físicas
Livraria Cultura
Livraria da Vila
Livraria Saraiva/Siciliano
Martins Fontes
Livraria Argumento
Nobel – Atibaia

Lojas Virtuais
amazon.com.br
kobo.com.br
livrariacultura.com.br

CORPORAÇÃO 2020
Pavan Sukhdev
O papa do capital natural explica como preparar as empresas para o futuro próximo.

MUITO ALÉM DA ECONOMIA VERDE
Ricardo Abramovay
Uma obra já clássica explica os desafios do desenvolvimento sustentável em nosso país.

A HUMANIDADE CONTRA AS CORDAS
Eduardo Felipe P. Matias
As crises financeira e ambiental têm a mesma origem, mostra o autor.

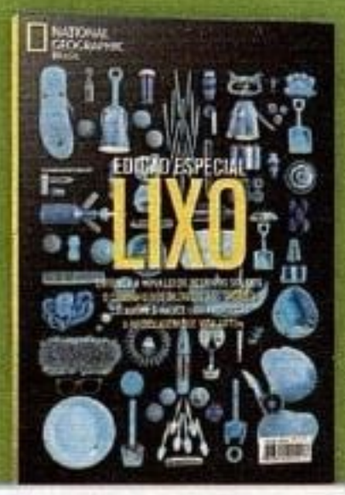
O DIVERGENTE POSITIVO
Sara Parkin
Saiba como se tornar um líder em uma economia de baixo carbono.

PLANETA sustentável

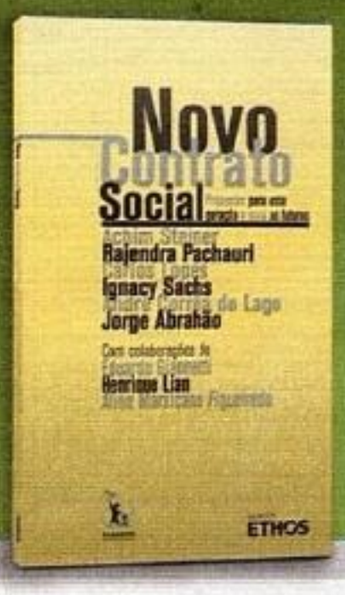
planetasustentavel @psustentavel

planetasustentavel.com.br

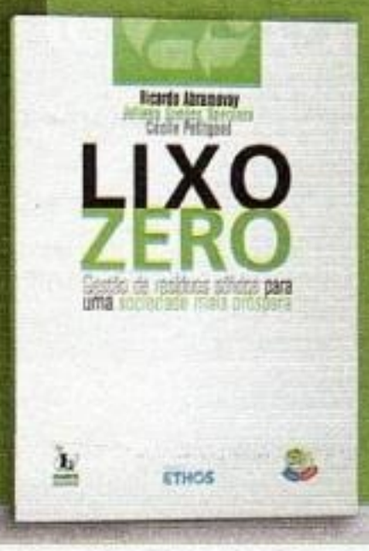
#ofuturoagentefazagora



LIXO
National Geographic Brasil
Uma edição especial dedicada ao tema.



LIXO ZERO
Ricardo Abramovay
Um estudo sobre a logística reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos.



A REVOLUÇÃO TROPICAL NO CAMPO
#AgriSustenta 2014
Obra de referência das pesquisas e práticas mais avançadas para cultivar e preservar o campo ao mesmo tempo.

O NOVO CONTRATO SOCIAL
Coletivo
Uma discussão do mais alto nível, realizada na Rio+20 e editada para o grande público.

BIOGÁS - A ENERGIA INVISÍVEL
Cícero Bley Jr.
Conheça o potencial dessa fonte de energia pouco explorada no Brasil.

QUANDO NEGÓCIOS NÃO SÃO APENAS NEGÓCIOS
John Ruggie
Estudo clássico mostra a relevância dos direitos humanos para as grandes empresas.

PROSPERIDADE SEM CRESCIMENTO
Tim Jackson
É urgente desassociar prosperidade de crescimento econômico, argumenta o autor inglês.

ILUSTRAÇÃO: NANÁ DE FREITAS

Realização

Abril · CPFL ENERGIA · BUNGE · CAIXA · Braskem

AO LEITOR

ABR.AI/VERSIGNASSI

Você: uma história de 13,8 bilhões de anos

A história do Universo é a sua história. A sua mesmo. No começo de tudo, você estava espremido num espaço tão infinitesimal que faria as antenas de uma formiga parecerem grandes como uma galáxia. Você estava lá. Eu estava. Tudo o que existe, e que um dia vai existir, estava lá, enfiado num forrobodó claustrofóbico. Em coisa de um trilionésimo de segundo, a muvuca clareou. Tudo expandiu. Inclusive você. Foi há 13,8 bilhões de anos. Naquele tempo, você ainda era feito de energia pura. Depois as coisas ficaram mais sólidas. Seu corpo se condensou na forma de prótons. E você foi morar numa estrela. Provavelmente em mais de uma estrela, já que cada pedacinho de matéria que forma o seu corpo saiu de vários lugares do cosmos.

As estrelas não foram só a sua casa. Elas serviram como usinas, fundindo os seus prótons na forma de átomos complexos – carbono, cálcio, oxigênio... Agora cada pedaço de você era maior e mais forte. Cada átomo, uma metrópole frenética, lotada de quarks, glúons, fótons e elétrons. Bom, uma hora essas estrelas explodiram. E jogaram você aqui, nesta periferia profunda, 28 milhões de anos-luz distante do centro da Via Láctea.

Foi ótimo, aliás, porque isso te deu a chance de participar do evento mais pirotécnico que este cantinho do cosmos viu nos últimos 4,5 bilhões de anos: o dia da ignição do Sol, essa bomba nuclear a céu aberto que dali em diante iluminaria nossa vizinhança. Então seus átomos deram uma sossegada. Fincaram residência numa pedra espacial que estava se formando nas cercanias solares. Uma pedra que logo se tornaria abençoada pela vida, e bonita por natureza. Pronto. Agora você e todos os seus quarks, glúons, fótons e elétrons estão aqui, com esta revista na mão. E ela vai te contar essa história toda bem melhor do que eu. S

Alexandre Versignassi, **REDATOR-CHEFE**
SUPER.ABRIL.COM.BR/BLOGS/CRASH

EDITORA Abril
Fundada em 1950

VICTOR CIVITA (1907-1990) ROBERTO CIVITA (1936-2013)

Conselho Editorial: Victor Civita Neto (Presidente), Thomaz Souto Corrêa (Vice-Presidente), Elda Müller, Fábio Colletti Barbosa, José Roberto Guzzo

Presidente Abril Mídia: Fábio Colletti Barbosa

Presidente Editora Abril: Alexandre Caldini

Diretor-Superintendente de Assinaturas: Dimas Mietto
Diretor de Marketing Corporativo: Ricardo Packness
Diretora de Mobilidade: Sandra Carvalho
Diretora de Publicidade Corporativa: Ivanilda Gadioli

Diretora-Superintendente: Dulce Pickersgill

SUPER INTERESSANTE

Diretor de Redação: Denis Russo Burgierman **Diretor de Arte:** Fabrício Miranda **Redator-chefe:** Alexandre Versignassi **Editores:** Bruno Garattoni, Felipe van Deursen, Karin Hueck **Editor de Arte:** Jorge Oliveira **Designers:** Flávio Pessoa, Inara Negrão, Paula Bustamante **Repórter:** Camila Almeida **Produtor Gráfico:** Anderson C. S. de Faria **Colaboração:** Alexandre Carvalho dos Santos (revisão), Luiz Romero (edição), Rafael Quick (direção de arte), Renata Miwa (design) **Atendimento ao Leitor:** Carolina Garofalo, Sandra Hadich, Sonia Santos, Walkiria Giorgino **Pool Administrativo Núcleo Infanto-Juvenil:** Cristiane Pereira (coordernadora), Deborah Silva (auxiliar administrativa), Grace Kelly Alves (aprendiz) **CTI - UN II:** Eduardo Blanco (Supervisor), Adriana Gironda, Aldo Teixeira, André Torres, Cristina Negreiros, Dorival Coelho, Luciano Custódio, Marcelo Tavares, Marcos Medeiros, Mario Vianna, Marisa Tornas, Ruy Reis **Internet Núcleo Infanto-Juvenil: Redator-chefe:** Frederico Di Giacomo **Editora Assistente:** Mariana Nadai **Repórteres:** Ana Prado, Ludmilla Balduino e Otavio Cohen **Designers:** Abraão Marcos Corazza, Juliana Moreira e Laura Rittmeister **Animação:** Felipe Thiroux **Webmasters:** Allyson Kitamura, Cah Felix, Leonam Dias e Wendel Nascimento **Analista de redes sociais:** Lorena Dana, Lucas Baranyi
www.superinteressante.com.br

Apoio Editorial: Carlos Grassetti (Arte) **Dedoc e Abril Press:** Grace de Souza **Pesquisa e Inteligência de Mercado:** Andrea Costa **Treinamento Editorial:** Edward Pimenta

PUBLICIDADE UN HOMEM & LIFESTYLE – Diretora de publicidade: Alex Foronda **Pequenas e Médias – Gerente:** Fernando Sabadin **Executivos de negócios:** André Bortolai, Claudia Galdino, Fernanda Melo, Leandro Thales, Lúcia Helena, Luisiane Ferreira, Marcello Almeida, Marta Veloso, Mauricio Ortiz, Mayara Brigano, Vera Reis de Queiroz **MARKETING – Diretora:** Carol Catto **CIRCULAÇÃO – Gerente:** Cézar Almeida **EVENTOS – Gerente:** Marcela Bognar **MARKETING PUBLICITÁRIO – Gerente:** Bianca Mafra **DIGITAL –** Renata Simões **PUBLICIDADE REGIONAL – Diretor:** Jacques Ricardo **Gerentes:** Grasiele Pantuzo, Ivan Rizental, Kiko Neto, Mauro Sannazzaro, Sonia Paula, Vania Passolongo **PUBLICIDADE RJ –** Andréa Veiga **PUBLICIDADE INTERNACIONAL –** Alex Stevens

APOIO – PLANEJAMENTO, CONTROLE E OPERAÇÕES – Gerente: Camila Lima **PROCESSOS – Gerente:** Ricardo Carvalho **DEDOC ABRIL PRESS:** Elenice Ferrari **PESQUISA E INTELIGÊNCIA DE MERCADO:** Andrea Costa **CIRCULAÇÃO:** Andrea Abelleira **RECURSOS HUMANOS – Gerente:** Daniela Rubim **TREINAMENTO EDITORIAL** Edward Pimenta

Redação e Correspondência: Av. das Nações Unidas, 7221, 14º andar, Pinheiros, São Paulo, SP, CEP 05425-902, tel. (11) 3037-2000. **Publicidade São Paulo e informações sobre representantes de publicidade no Brasil e no Exterior:** www.publiabril.com.br

PUBLICAÇÕES DA EDITORA ABRIL: Almanaque Abril, AnaMaria, Arquitetura & Construção, Aventuras na História, Boa Forma, Capricho, Casa Claudia, Claudia, Contigo!, Elle, Estilo, Exame, Exame PME, Guia do Estudante, Guias Quatro Rodas, Info, Info Dicas, Men's Health, Mundo Estranho, National Geographic, Nova, Placar, Playboy, Publicações Disney, Quatro Rodas, Recreio, Runner's World, Saúde, Superinteressante, Tititi, Veja, Veja BH, Veja Brasília, Veja Rio, Veja São Paulo, Vejas Regionais, Viagem e Turismo, Vip, Você RH, Você S/A., Women's Health. Fundação Victor Civita: Gestão Escolar, Nova Escola

SUPERINTERESSANTE edição nº 340-B (ISSN 0104-1789), ano 27, nº 13, é uma publicação da Editora Abril 1987 G+J España S.A. "Muy Interesante" ("Muito Interessante"), Espanha. **Edições anteriores:** Venda exclusiva em bancas, pelo preço da última edição em banca. Solicite ao seu jornaleiro. Distribuída em todo o país pela Dinap S.A. Distribuidora Nacional de Publicações, São Paulo. **SUPERINTERESSANTE** não admite publicidade redacional.

Serviço ao Assinante: Grande São Paulo: (11) 5087-2112
Demais localidades: 0800-775-2112 www.abrilsac.com
Para assinar: Grande São Paulo: (11) 3347-2121
Demais localidades: 0800-775-2828 www.assineabril.com.br

IMPRESSA NA GRÁFICA ABRIL
Av. Otaviano Alves de Lima, 4400, Freguesia do Ó, CEP 02909-900, São Paulo, SP

IVC FIPP ANER SIP

Abril MÍDIA S.A.
Presidente: Fábio Colletti Barbosa

Diretor de Finanças e Gestão: Fábio Petrossi Gallo
Diretor Superintendente da Gráfica: Eduardo Costa
Diretora Corporativa de RH: Claudia Ribeiro
Diretor Corporativo de TI: Claudio Prado

Conselho de Administração: Giancarlo Civita (Presidente), Andre Coetzee, Hein Brand, Roberta Anamaria Civita, Victor Civita Neto
www.abril.com.br

Foto Júlia Rodrigues

cielo | BOMPRATODOS

Use seu Ourocard na máquina da Cielo.
Você pode ganhar prêmios instantâneos de R$ 1.000,00*
e ainda concorre a 15 prêmios de R$ 100 mil*.
Porque quem tem Ourocard tem tudo.

#cartaopratudo

Promoção válida em suas compras a partir de R$ 30,00.
Prêmios especiais para lojistas.**

Acesse compraspremiadaourocard.com.br e saiba mais.

*Prêmios pagos em dinheiro diretamente ao contemplado. Valores líquidos de Imposto de Renda, conforme legislação vigente. Lastreados por Títulos de Capitalização da Brasilcap Capitalização S.A., CNPJ: 15.138.043/0001-05, aprovados pela SUSEP, processo nº 15414.901562/2014-91. A aprovação deste título pela SUSEP não implica, por parte da Autarquia, incentivo ou recomendação à sua aquisição, representando, exclusivamente, sua adequação às normas em vigor. Regulamento no site: www.compraspremiadaourocard.com.br
**Certificado de Autorização SEAE/MF nº. 04/0450/2014.

Central de Atendimento BB 4004 0001 ou 0800 729 0001 | SAC 0800 729 0722 | Deficiente Auditivo ou de Fala 0800 729 0088 | Ouvidoria BB 0800 729 5678 | ou acesse bb.com.br | @bancodobrasil /bancodobrasil

CARDÁPIO

NOVEMBRO 2014 *Edição 340-B*

TIRAGEM: 366.868 EXEMPLARES

INFOGRÁFICO 10 — Como nasceu o Sistema Solar — SET 2010

INFOGRÁFICO 12 — A história da Terra — SET 2002

INFOGRÁFICO 14 — O fim da odisseia terrestre — OUT 2010

MATRIZ 16 — Livros de divulgação científica — COLETÂNEA

PAPO 17 — Como colonizar a galáxia — JAN 2001

INFOGRÁFICO 18 — Metrô da ciência — JUL 2008

ORÁCULO 20 — Salário de astronauta, safadezas lunares e uma bomba espacial — COLETÂNEA

CIÊNCIA MALUCA + CONEXÕES 22 — Circo no laboratório + Do Big Bang ao bangue-bangue — COLETÂNEA

INFOGRÁFICO 24 — Rascunhos do cosmos — OUT 2003

ESSENCIAL 26 — Rachaduras nas paredes do Universo — MAR 2014

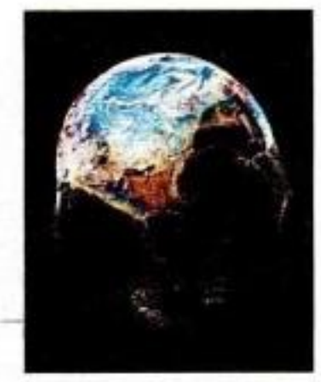
28 — MAI 2008 — FÍSICA DE PARTÍCULAS — **OS 7 ELEMENTOS**

32 — MAR 2003 — HISTÓRIA DA CIÊNCIA — **A CHAVE DE TUDO**

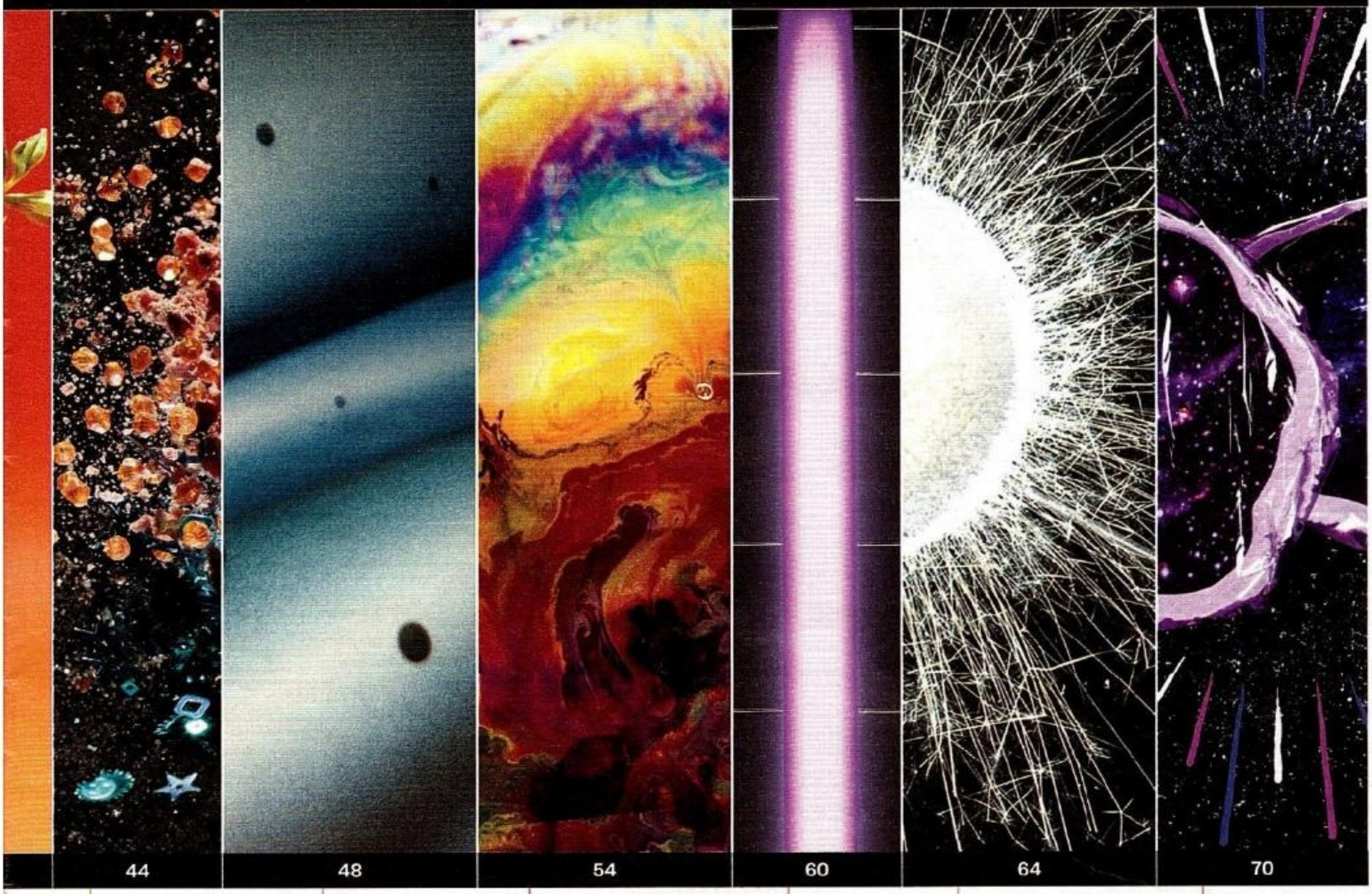
40 — MAI 1988 — TEORIA DA RELATIVIDADE — **QUESTÃO DE TEMPO**

ORÁCULO RESPONDE
Dá para fazer sexo na Lua? Seria possível a Terra ter anéis como Saturno? Qual é o salário de um astronauta?

EFEITO BIG BANG
Para criar este efeito de explosão, foi preciso misturar purpurina, pedras e miçangas, arremessadas por uma pequena cama elástica. Veja a versão final da imagem na página 44.



CAPA: TOMÁS ARTHUZZI (FOTO)



44 48 54 60 64 70

MAI 1999

INFLAÇÃO CÓSMICA

NOSSO UNIVERSO ESTÁ AQUI

DEZ 2006

TEORIA DAS CORDAS

SEGUNDAS DIMENSÕES

JAN 2004

ENERGIA ESCURA

TUDO SOBRE O NADA

SET 1992

ENSAIO TEÓRICO

MAIS RÁPIDO QUE A LUZ

NOV 2007

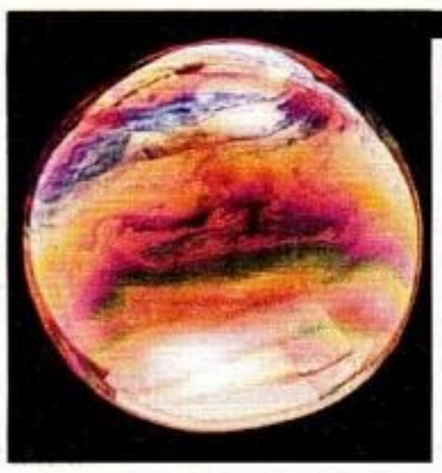
O INÍCIO DE TUDO

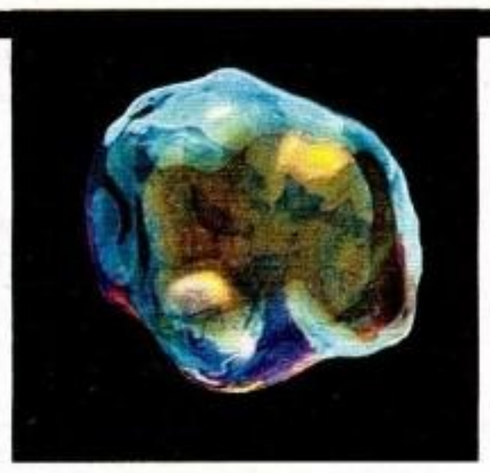
DE ONDE VIEMOS

DEZ 2007

O FIM DE TUDO

PARA ONDE VAMOS





MOMENTO SUBLIME
Para fazer as bolhas da capa, o fotógrafo Tomás Arthuzzi precisou misturar água, glicerina, detergente e amido de milho. O mais difícil foi acertar o clique da máquina fotográfica com o segundo exato da explosão. Foram mais de 1,3 mil fotos.

Rafael Quick cuidou do design desta edição e ainda foi figurante em algumas das matérias.

Prêmio SAÚDE É VITAL 2014

NAS ONDAS DA RÁDIO MALUCO BELEZA

Preocupado em garantir um tratamento humanizado a quem sofre de distúrbios mentais, o Serviço de Saúde Dr. Cândido Ferreira, em Campinas (SP), sempre focou seus esforços na readaptação dessas pessoas à vida em sociedade. Uma de suas ações mais bem-sucedidas, batizada de Rádio Maluco Beleza, teve início em 2002. Com o apoio da Rádio Educativa de Campinas, a organização criou um programa protagonizado pelos próprios pacientes, o *Para Quem Tem a Cabeça no Lugar*. Por meio dele, essa turma expressa seus pontos de vista, mostra talentos e, com isso, é reinserida de forma lúdica e natural ao convívio social. Os resultados do projeto foram tão contundentes que inspiraram a montagem de um estúdio nas dependências do próprio instituto, dando origem a uma rádio na internet que fica 24 horas no ar. Um verdadeiro hit em reabilitação, direito pleno à cidadania e autonomia, que coloca a iniciativa entre as finalistas da categoria **Instituição do Ano.**

Acompanhe o maior evento do setor de saúde no Brasil em **www.premiosaude.com.br**

PATROCÍNIO:

Colgate Protex

REALIZAÇÃO:

SAÚDE Abril

TUDO POR UMA BOA CONVIVÊNCIA

Como os 1 050 profissionais do Cândido Ferreira atendem mais de 7 mil pacientes por mês

ACOMPANHAMENTO
Em seis centros de atenção psicossocial, equipes multidisciplinares cuidam de pessoas com transtornos mentais graves.

APOIO CONTRA O VÍCIO
São três centros para quem enfrenta a dependência em álcool e drogas. E há uma unidade de acolhimento para esses usuários.

AÇÕES CULTURAIS
Entram aqui oficinas de comunicação e jornal, além de práticas musicais, como a bateria do bloco Unidos do Candinho.

CONSULTÓRIO NA RUA
Serviço itinerante com foco no morador de rua. Essa população conta ainda com seis centros de convivência.

ATENÇÃO A MENORES
Ações voltadas à reconstrução de laços entre crianças e adolescentes em sofrimento psíquico e suas famílias.

ALFABETIZAÇÃO
Em três centros de convivência, são ensinadas as primeiras letras aos portadores de transtornos e à comunidade local.

EM PROL DOS IDOSOS
Projeto destinado a promover cuidados clínicos e reabilitação psicossocial ao idoso sem família.

TRABALHO E RENDA
Quatorze núcleos, entre eles os de culinária, gráfica e marcenaria, geram produtos comercializados sob a marca própria *Armazém das Oficinas*.

A RÁDIO MALUCO BELEZA

Uma iniciativa inédita pela difusão de ideias contra preconceitos

O QUE ESTÁ EM PAUTA

A **diversidade** dá o tom: esportes, saúde, notícias, música e muito bom humor ocupam a grade de programação comandada pelos pacientes. Eventuais dificuldades de fala e de articulação de pensamento não impedem que eles expressem suas opiniões.

NO AR

18

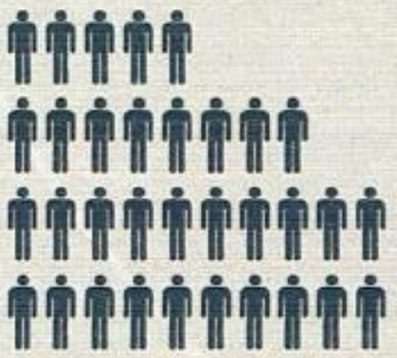
DOS 24 PROGRAMAS
da rádio online são protagonizados por **portadores de problemas mentais** — os "loucutores", como eles se autodenominam.

OS GANHOS PARA OS PACIENTES QUE SOLTAM A VOZ:

- Melhora da autoestima e da autonomia
- Estímulo à comunicação, o que facilita a reintegração com a família e a sociedade
- Diminuição e até cessação dos surtos

33

PACIENTES
ao todo se envolvem na elaboração dos programas que vão ao ar na Rádio Educativa e na web



200

PROGRAMAS GRAVADOS
para a Rádio Educativa em 12 anos — uma vez por mês, com 1 hora de duração

MICROFONE ABERTO NA WEB

Na **internet**, participam também idosos, crianças em situação de rua e artistas populares. Os pacientes ganham tanta segurança que um deles conseguiu espaço numa rádio online da Bahia e, por Skype, apresenta ali uma atração musical.

SAÚDE MENTAL EM SINTONIA

Uma história de tolerância e respeito por quem tem transtornos mentais

1924
FUNDAÇÃO
É inaugurado no distrito de Sousas, em Campinas, o primeiro sanatório psiquiátrico filantrópico do estado de São Paulo.

1990
DESOSPITALIZAÇÃO
A reforma psiquiátrica muda o jeito de cuidar: sem camisa de força, com portas abertas e convívio familiar e social.

2002
RÁDIO LIGADO
Nasce a Maluco Beleza: os pacientes dão seu recado com entrevistas e shows em que mostram seus talentos.

2008
AUMENTA O SOM
A rádio é reconhecida pelo Ministério da Cultura como ponto cultural e ganha estúdio e sala de inclusão digital.

2010
NO COMPUTADOR
Na versão online, a rádio se amplia com novos programas e participação da comunidade.

INFOGRÁFICO: GORETTI TENORIO, THIAGO LYRA E FILIPE CAMPOI

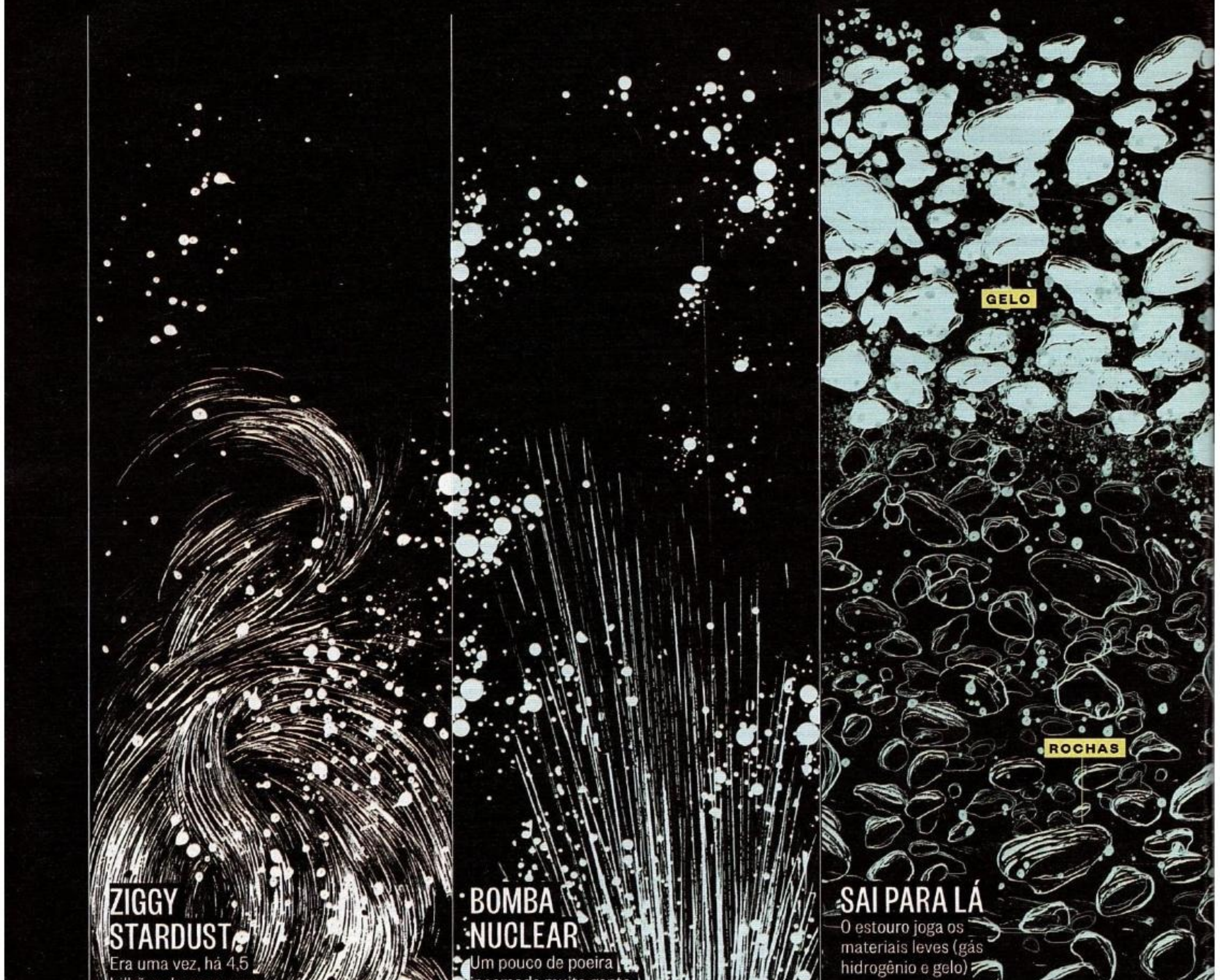
Imagens meramente ilustrativas. Promoção válida de 15/5/2014 a 25/11/2014, ocasião da divulgação dos resultados. Válidas as inscrições entre 15/5/2014 e 20/8/2014. Consulte regulamento no site www.premiosaude.com.br. Certificado de Autorização CAIXA nº 3-0975/2014

INFOGRÁFICO

COMO NASCEU O SISTEMA SOLAR

POR *Alexandre Versignassi, Gabriel Gianordoli, Sattu e Samuel Rodrigues*

O Sol e os planetas surgiram ao mesmo tempo, vindos de uma nuvem de gás e poeira perdida no espaço. Mas você não estaria aqui não fosse uma baita explosão nuclear.



ZIGGY STARDUST

Era uma vez, há 4,5 bilhões de anos, uma nuvem de 3 trilhões de quilômetros. Ela era feita de restos de estrelas antigas, que tinham explodido bilhões de anos antes. Esses estouros liberaram nuvens de gás e de partículas. A tal poeira das estrelas, o material do qual somos feitos.

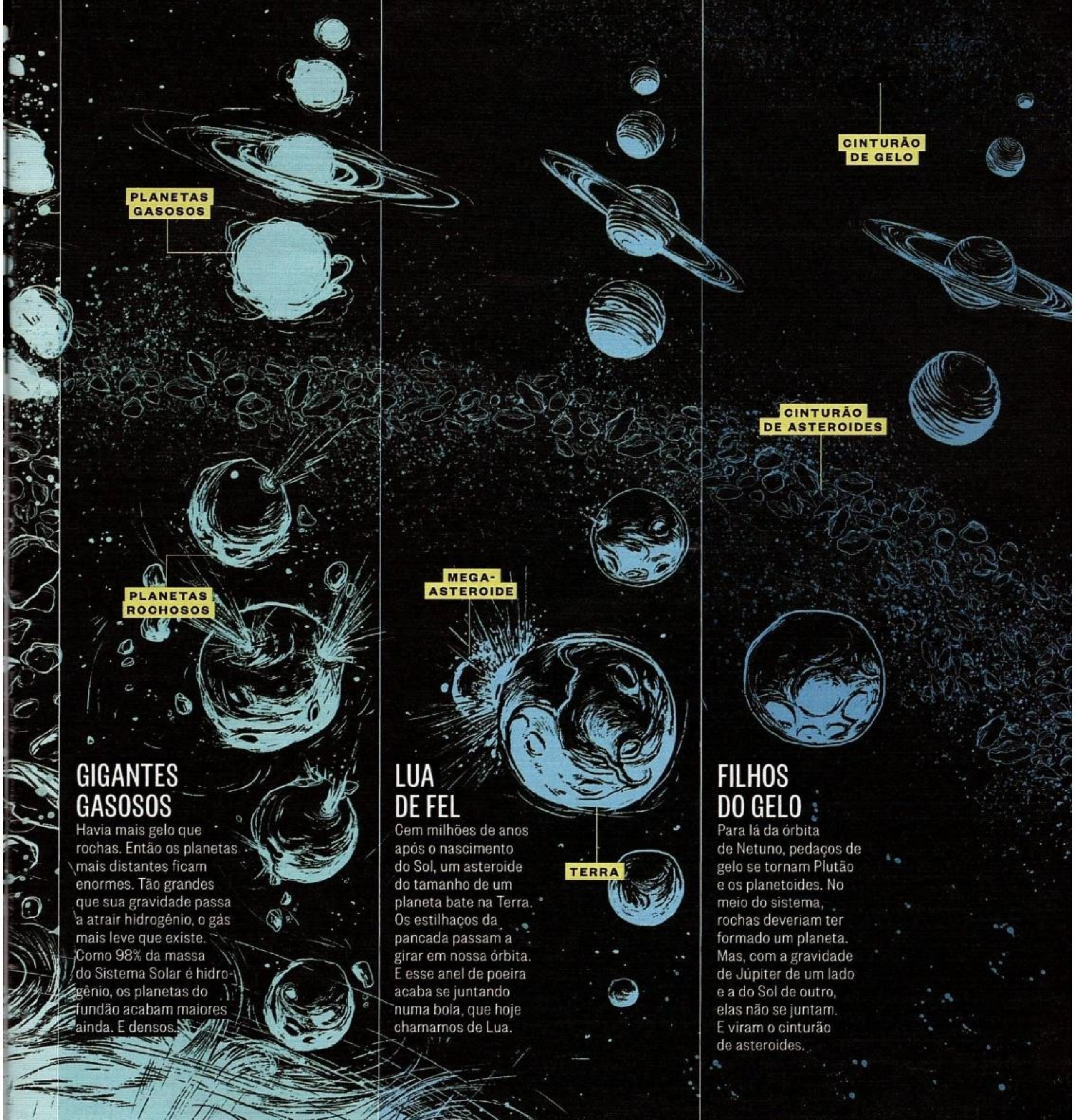
BOMBA NUCLEAR

Um pouco de poeira incomoda muita gente. Três trilhões de quilômetros incomodam muito mais. E a gravidade não perdoa: as partículas vão se atraindo. A nuvem se contrai cada vez mais. E mais. Os átomos começam a entrar uns nos outros! Aí, boom. Acontece uma explosão nuclear.

SAI PARA LÁ

O estouro joga os materiais leves (gás hidrogênio e gelo) para longe. A poeira rochosa, mais pesada, fica. A gravidade une as partículas em blocos cada vez maiores. No centro da explosão fica o Sol. Nossa estrela ainda é uma bomba atômica. E está explodindo, só que devagar.

ESCALA REAL A proporção certa entre as bolas do sistema, com o diâmetro de cada astro.



GIGANTES GASOSOS

Havia mais gelo que rochas. Então os planetas mais distantes ficam enormes. Tão grandes que sua gravidade passa a atrair hidrogênio, o gás mais leve que existe. Como 98% da massa do Sistema Solar é hidrogênio, os planetas do fundão acabam maiores ainda. E densos.

LUA DE FEL

Cem milhões de anos após o nascimento do Sol, um asteroide do tamanho de um planeta bate na Terra. Os estilhaços da pancada passam a girar em nossa órbita. E esse anel de poeira acaba se juntando numa bola, que hoje chamamos de Lua.

FILHOS DO GELO

Para lá da órbita de Netuno, pedaços de gelo se tornam Plutão e os planetoides. No meio do sistema, rochas deveriam ter formado um planeta. Mas, com a gravidade de Júpiter de um lado e a do Sol de outro, elas não se juntam. E viram o cinturão de asteroides.

INFOGRÁFICO

A HISTÓRIA DA TERRA

POR *Denis Russo Burgierman, Luiz Iria, Rodrigo Maroja e Samuel Rodrigues*

No meio do caminho tinha uma Terra. E ela sofreu: bombardeada por meteoritos, aquecida por raios solares e devastada por vulcões. Dessa bagunça toda, surgiu a vida.

HÁ 4,5 BILHÕES DE ANOS

IMPACTOS PROFUNDOS

O bombardeio continua. E, além de possibilitar o surgimento da Lua, como mostramos na página anterior, essa chuva de asteroides faz com que aparecesse uma grande surpresa na Terra.

HÁ 4 BILHÕES DE ANOS

SOPA DE VIDA

Os impactos agitam moléculas inanimadas, baseadas em carbono. Isso causa reações que fazem surgir a vida. Parece milagre, mas é pura química.

HÁ 3 BILHÕES DE ANOS

EVOLUÇÃO VAGAROSA

As células se espalham pela Terra. Mas o processo é lento, devido aos meteoritos. O planeta guarda o calor da explosão estelar e, por isso, seu interior quente vive vazando por vulcões.

HÁ 2 BILHÕES DE ANOS

A TERRA SE ACALMA

A agitação cósmica e geológica vai aos poucos diminuindo, enquanto o planeta esfria. Forma-se a camada de ozônio, que torna os raios solares menos nocivos e permite o surgimento de vida mais evoluída.

HÁ 1 BILHÃO DE ANOS

É COMPLICADO

Aparecem células mais complexas, as eucariontes, que possuem todas as organelas. A vida vai, aos poucos, tomando o planeta, protegida do Sol pela camada de ozônio. Os asteroides são cada vez mais raros.

HÁ 600 MILHÕES DE ANOS

SERES DO MAR

Surgem os primeiros seres multicelulares – todos invertebrados. A variedade de vida aumenta. Os oceanos se povoam com os organismos mais estranhos.

MORTES MACIÇAS De tempos em tempos, a vida na Terra sofre um grande golpe e ocorre uma extinção em massa.

1 Foi assim há meio bilhão de anos, quando boa parte dos seres sumiu de repente. Pouco se sabe sobre o ocorrido – mas a prova de que essa tragédia aconteceu são as conchas fossilizadas de animais marinhos, cuja diversidade teve uma brusca redução.

2 Há 230 milhões de anos ocorreu outra grande destruição. Das espécies marinhas, 96% sumiram. Teorias especulam que grandes erupções vulcânicas provocaram isso. Essa extinção em massa foi muito pior do que a que acabou com os dinossauros.

3 A culpa pela extinção dos dinossauros, há 65 milhões de anos, é atribuída a um asteroide. O cataclisma foi um impulso para a vida: abriu espaço para que outras espécies se desenvolvessem. Fenômeno parecido aconteceu em outras grandes extinções.

4 Vivemos outra extinção em massa, esta com uma causa bem diferente: a ação humana. Espécies somem todos os dias por causa da perda de hábitats. O homem já é a maior força transformadora do planeta, superando furacões e terremotos.

HÁ 500 MILHÕES DE ANOS

PROTO-TUBARÃO

Nas águas do planeta, aparecem os peixes primitivos. Eles não eram muito diferentes dos atuais tubarões. E foram os primeiros vertebrados a aparecer na Terra.

HÁ 400 MILHÕES DE ANOS

ÊXODO ORIGINAL

Os vertebrados saem do mar – surgem os anfíbios. Todos os continentes estão unidos num grande bloco, a Pangeia, que começa a ser habitada por plantas primitivas.

HÁ 300 MILHÕES DE ANOS

DOMÍNIO REPTILIANO

Os répteis surgem nesse período e, em seguida, acabam por dominar o planeta inteiro. Também nesse momento os insetos se diversificam muito.

HÁ 200 MILHÕES DE ANOS

NASCEM AS FLORES

Surgem os mamíferos – então não muito mais que ratinhos insignificantes com características de répteis. A Terra ainda é dos dinossauros. Outra inovação: as plantas ganham flores.

HÁ 100 MILHÕES DE ANOS

GRANDE EXTINÇÃO

Com a morte dos dinossauros, há 65 milhões de anos, sobra espaço para os mamíferos. Eles se tornam maiores e mais diversificados e herdam o trono do planeta. As aves também se espalham.

HÁ 200 MIL ANOS

PRIMEIROS HUMANOS

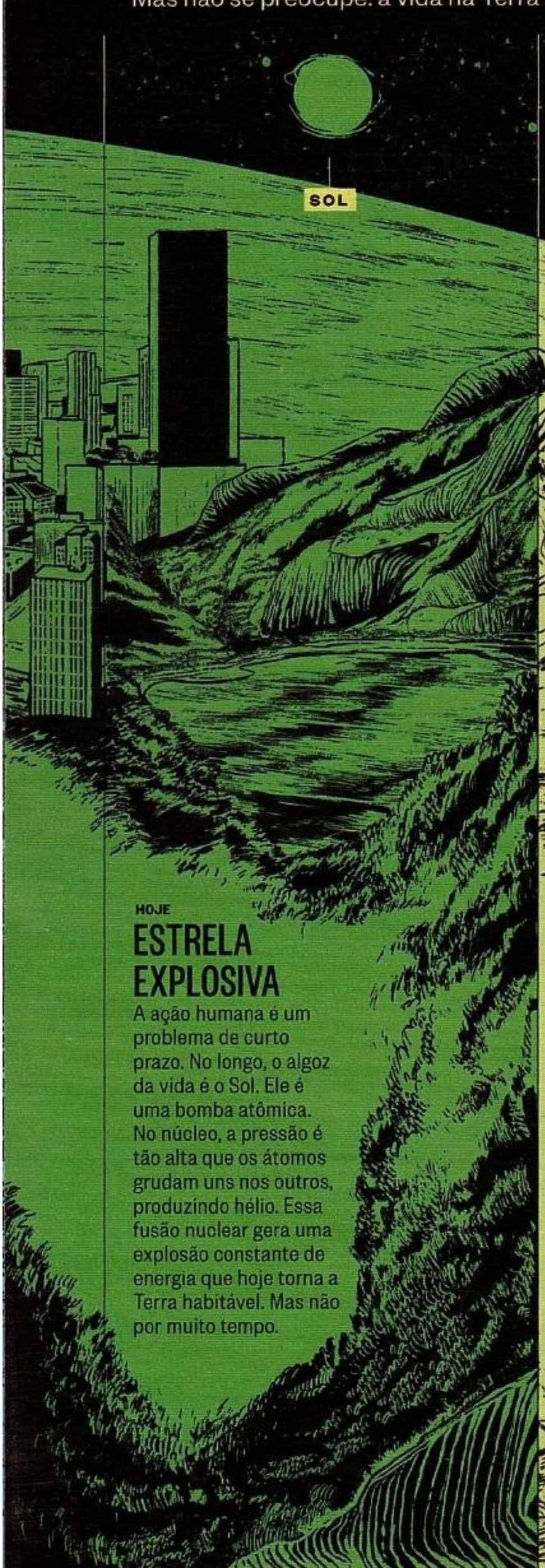
Surge o homem moderno, há apenas 200 mil anos. Um período de tempo insignificante perto da história completa do planeta. A nova espécie altera seu ambiente como nenhuma antes.

INFOGRÁFICO

O FIM DA ODISSEIA TERRESTRE

POR *Salvador Nogueira, Renata Steffen, Alexandre Jubran e Samuel Rodrigues*

Um dia, quando o combustível do Sol terminar, nossa estrela passará por maus bocados. Mas não se preocupe: a vida na Terra terá acabado bem antes.



HOJE

ESTRELA EXPLOSIVA

A ação humana é um problema de curto prazo. No longo, o algoz da vida é o Sol. Ele é uma bomba atômica. No núcleo, a pressão é tão alta que os átomos grudam uns nos outros, produzindo hélio. Essa fusão nuclear gera uma explosão constante de energia que hoje torna a Terra habitável. Mas não por muito tempo.

EM 1 BILHÃO DE ANOS

"FERVIMENTO" GLOBAL

Conforme o hidrogênio é convertido em hélio, a temperatura no núcleo do Sol sobe. Quando nasceu, ele era 30% mais frio que hoje. Daqui a 1 bilhão de anos, vai esquentar a ponto de fazer toda a água dos oceanos terrestres evaporar. Será o fim da fase habitável de nosso planeta. Sim, todo mundo que estiver por aqui vai morrer.

DAQUI 1 BILHÃO A 5,6 BILHÕES DE ANOS

SÓ EM MARTE

O Sol continua se aquecendo nos bilhões de anos seguintes, consumindo todo o hidrogênio que há em seu núcleo. Possivelmente Marte, que está mais distante, vire um lugar bom para viver. Só que a Terra, com a perda de sua água e o calor intenso, se tornará um deserto com temperaturas de 400 °C para cima. E ainda vai ficar pior.

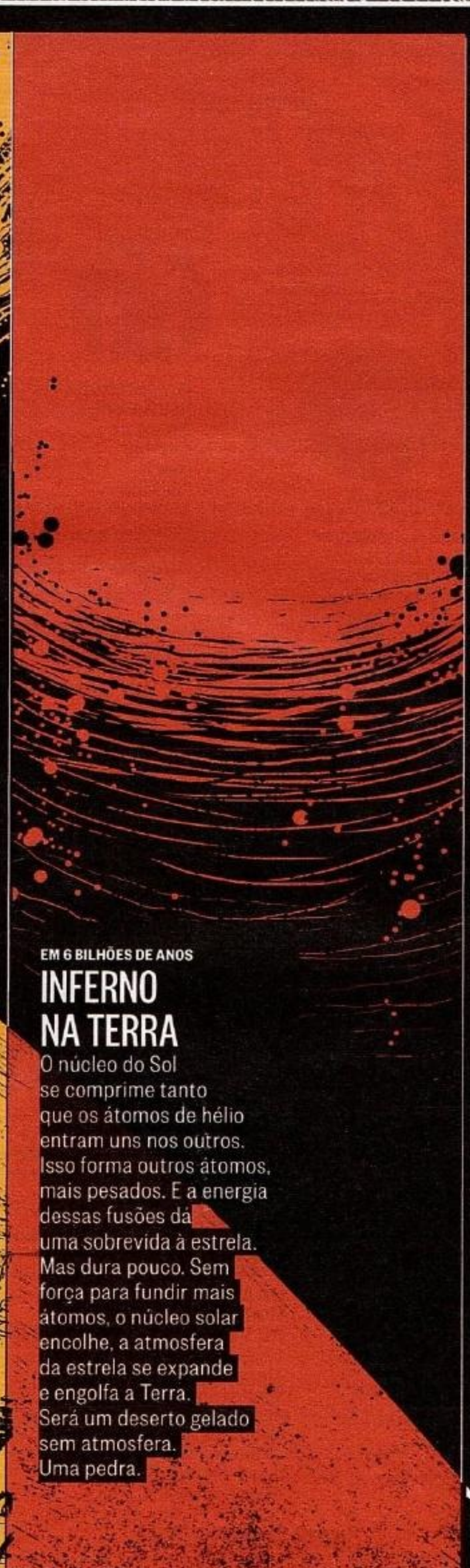
A BOLHA ASSASSINA

Em 5,7 bilhões de anos, o Sol vai crescer. Será o fim do céu como o conhecemos.

EM 5,7 BILHÕES DE ANOS

TERCEIRA IDADE

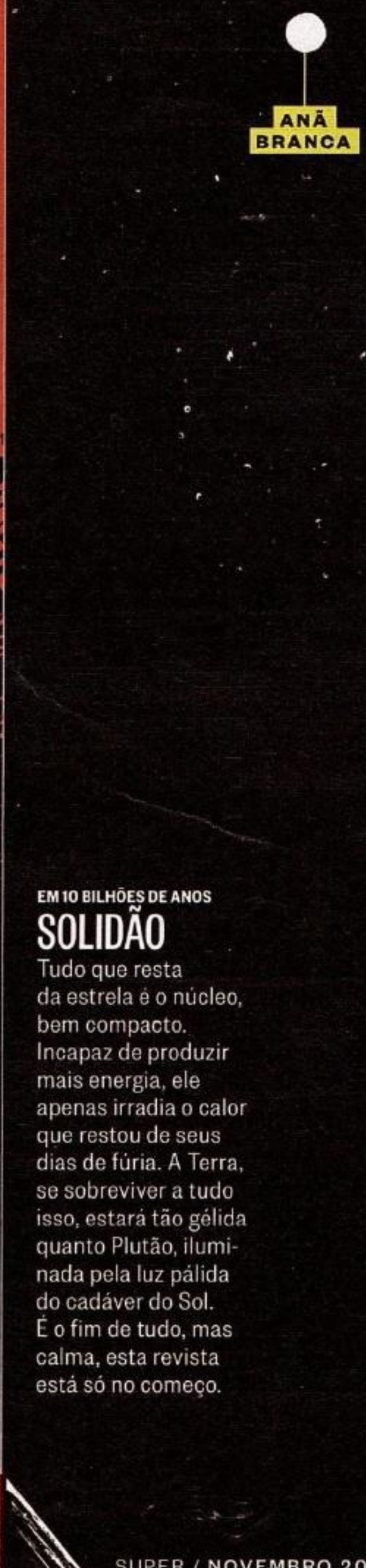
Após 10,3 bilhões de anos como uma estrela do tipo anã amarela, o hidrogênio do Sol acaba e a fusão cessa. Com isso, a gravidade esmaga o centro solar e a temperatura sobe. A atmosfera da estrela sofre uma imensa expansão. Mais rarefeito, o Sol esfria e cresce, tornando-se uma estrela do tipo Gigante Vermelha. Engole Mercúrio e Vênus, ficando quase do tamanho da órbita da Terra.



EM 6 BILHÕES DE ANOS

INFERNO NA TERRA

O núcleo do Sol se comprime tanto que os átomos de hélio entram uns nos outros. Isso forma outros átomos, mais pesados. E a energia dessas fusões dá uma sobrevida à estrela. Mas dura pouco. Sem força para fundir mais átomos, o núcleo solar encolhe, a atmosfera da estrela se expande e engolfa a Terra. Será um deserto gelado sem atmosfera. Uma pedra.



EM 10 BILHÕES DE ANOS

SOLIDÃO

Tudo que resta da estrela é o núcleo, bem compacto. Incapaz de produzir mais energia, ele apenas irradia o calor que restou de seus dias de fúria. A Terra, se sobreviver a tudo isso, estará tão gélida quanto Plutão, iluminada pela luz pálida do cadáver do Sol. É o fim de tudo, mas calma, esta revista está só no começo.

MATRIZ

Livros de divulgação científica

Eles levam a ciência profunda ao grande público e ajudam a formar novos cientistas. Aqui alguns essenciais – e outros nem tanto.

MAIS LEVE

O UNIVERSO ELEGANTE
Brian Greene
(1999)
Indicado ao prêmio Pulitzer, explica a Teoria das Cordas.

O TECIDO DO COSMOS
Brian Greene
(2005)
Usa os Simpsons para explicar os buracos de minhoca.

BREVE HISTÓRIA DE QUASE TUDO
Bill Bryson
(2003)
Talvez o livro de divulgação mais bem escrito da história.

BILHÕES E BILHÕES
Carl Sagan
(1997)
Artigos sobre temas variados – da legalidade do aborto ao aquecimento global, do papel da ciência à possibilidade de vida em Marte.

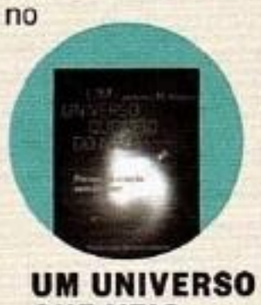
PÁLIDO PONTO AZUL
Carl Sagan
(1994)
Explica nosso tamanho no Universo e defende a importância da exploração espacial.

EXTRATER-RESTRES
Salvador Nogueira
(2014)
O jornalista Salvador Nogueira, que assina várias reportagens desta edição, dá um panorama amplo da exobiologia.

MUNDOS PARALELOS
Michio Kaku
(2004)
Usa a Teoria das Cordas e sua irmã mais nova, a Teoria M, para discutir a existência de universos paralelos. Mais superficial do que gostoso de ler.

SÓS NO UNIVERSO?
Peter Ward e Donald Brownlee
(2003)
Defende que condições perfeitas para a vida são raras e que seres inteligentes seriam incomuns no Universo.

CRIAÇÃO IMPERFEITA
Marcelo Gleiser
(2010)
Critica a busca pela teoria do tudo e defende uma verdade: que o Universo está cheio de assimetrias.



UM UNIVERSO QUE VEIO DO NADA
Lawrence Krauss **(2012)**
Mais filosofia do que ciência.

A DANÇA DO UNIVERSO
Marcelo Gleiser
(1997)
Descreve uma série de visões sobre o início dos tempos, dos gregos à ciência moderna.

INFINITO EM TODAS AS DIREÇÕES
Freeman Dyson
(1988)
Além de tratar de exploração espacial, adianta tendências, como a biotecnologia e a inteligência artificial.

UMA BREVE HISTÓRIA DO TEMPO
Stephen Hawking **(1988)**
Vendeu horrores, mais pela aura de ciência do autor do que por seu didatismo, que deixa a desejar.

O GRANDE PROJETO
Stephen Hawking
(2010)
Por que o Universo existe? Por que estamos dentro dele? E de onde vieram as regras da física?

MAIS ESPECÍFICO

MAIS ABRANGENTE

MAIS COMPLICADO

PAPO

Como colonizar a galáxia

O físico inglês Freeman Dyson prevê que levaremos meio milênio para chegar às estrelas e, quando isso acontecer, o homem dará origem a outras espécies Universo afora.

ENTREVISTA *Flávio Dieguez*

FREEMAN DYSON
Hoje aposentado, passou grande parte da carreira no Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, nos Estados Unidos. Como consultor da Nasa, explorou as possibilidades de viagens a outros planetas e estrelas.

Você acredita que já poderíamos estar vivendo no espaço? Acha que estamos atrasados em relação ao que poderia ter sido feito?
Avançamos tão rápido quanto possível. Só faz sentido ir para o espaço a um custo aceitável. Ainda vai demorar cem anos para as viagens aos planetas se tornarem rotina. Para chegar às estrelas levaremos, no mínimo, 500 anos.

Que tipo de tecnologia pode ser usada para realizar essa colonização?
Há boas sugestões, como as naves a vela, que seriam impulsionadas pelo "sopro" de gás emitido pelo Sol. Outro avanço virá dos motores de plasma, ou seja, um gás eletrificado, acelerado por eletroímãs e ejetado a altíssima velocidade pelas turbinas. Isso daria aos foguetes uma velocidade muito alta, encurtando o tempo de voo e o preço da viagem. Essas novidades apontam caminhos possíveis, embora ainda sejam insuficientes para resolver completamente o problema dos custos.

Você fez uma conta de quanto deve custar para o homem realizar a colonização dos planetas. Qual foi o valor final?
Eu avaliei a viagem dos primeiros emigrantes europeus para os Estados Unidos e concluí que um custo razoável da colonização de outros planetas seria da ordem de US$ 50 mil per capita. Isso seria comparável ao custo da colonização da América. Qualquer coisa acima disso me parece um luxo inaceitável.

Você afirmou que o Universo foi construído para que o homem pudesse surgir nele. Trata-se de uma ideia religiosa?
Sou moderadamente religioso. Mas o que essa frase quer dizer é que a vida e a mente parecem ter sido construídas dentro da estrutura do Universo. Não foram acidentes. São inerentes à maneira como o Universo evoluiu.

Por que você diz que, se o homem for para o espaço, deixará de ser o que é?
Quero dizer que a imensa maioria das espécies desaparece. A minoria que deixa descendentes geralmente se divide em diversas outras espécies. Então, o homem partilha dessa mesma possibilidade: ou caminha para a extinção ou evolui para gerar outros seres. Se nos espalharmos pelo Universo, ocupando novos hábitats entre as estrelas, há uma boa chance de nos dividirmos em muitas outras espécies. Esse é um dos principais motivos que me levam a desejar a disseminação da humanidade pelo espaço.

Você imaginou uma nave-borboleta, que voaria até outros planetas na forma de um casulo blindado e, chegando lá, viraria um inseto com partes mecânicas e vivas. Você acha isso viável?
Sim. Só que ela ainda é uma tecnologia distante de nós. É um projeto para quando soubermos muito mais biologia do que sabemos atualmente. Para a borboleta espacial voar, passaremos meio século fazendo pesquisa básica e outro tanto trabalhando na engenharia do projeto. S

Ilustração Rafael Quick

INFOGRÁFICO

METRÔ DA CIÊNCIA

Os caminhos, as paradas e as baldeações dos principais ramos do conhecimento ao longo de 26 séculos.

POR *Alexandre Versignassi, Karin Hueck e Jorge Oliveira*

Evangelista Torricelli **(1644)**
Leis da hidrodinâmica

Leonhard Euler **(1750)**
Revolução na trigonometria e nos logaritmos

Edmond Halley **(1705)**
Órbita dos cometas

GALILEU GALILEI (SÉC. 16 E 17)
Observações por telescópio, experiências científicas modernas

TERMINAL ISAAC NEWTON (SÉC. 17 E 18)
Teoria da Gravidade e reforma da matemática

Alessandro Volta **(1796)**
Bateria química

Geottfried Leibniz **(SÉC. 17 E 18)**
Números binários, cálculo infinitesimal

Michael Faraday **(1831)**
Eletricidade a partir do magnetismo

Johannes Kepler **(1609)**
Leis do movimento planetário

Jean-Jacques Rousseau **(1762)**
Iluminismo, "o bom selvagem"

Tycho Brahe **(1572)**
Observação da primeira supernova

BLAISE PASCAL (SÉC. 17)
Deduções geométricas e ética católica

Adam Smith **(1776)**
Teoria do capitalismo e pensamento liberal

Louis Pasteur **(1860)**
Criação da vacina

Nicolau Copérnico **(1543)**
A Terra sai do centro do Universo

Thomas Hobbes **(1651)**
Sem a política, "o homem é o lobo do homem"

Immanuel Kant **(1781)**
Discussões sobre ética

Girolamo Cardano **(1543)**
Raiz quadrada de números negativos

PTOLOMEU (100 A.C.)
Almagesto, primeiro grande atlas de astronomia

RENÉ DESCARTES (1637) Método racional, "penso, logo existo"

G.W. F. Hegel **(1800)**
Idealismo, "ser livre não é nada. Tornar-se livre é tudo"

Bhaskara **(1150)**
Divisão por zero, equação de segundo grau

Nicolau Maquiavel **(1513)**
Na ciência política, "o fim justifica os meios"

Arthur Schopenhauer **(1818)**
Pessimismo, "o mundo é o inferno"

Karl Marx **(1848)**
Teoria do comunismo, luta de classes

Hiparco **(200 A.C.)**
Distância da Lua

Euclides **(300 A.C.)**
Geometria com base em pontos, retas e círculos

Santo Agostinho **(300)**
Filosofia da Idade Média

ERATÓSTENES (240 A.C.)
Estudos da circunferência da Terra

Sócrates **(420 A.C.)**
Conhecimento a partir do debate

ARISTÓTELES (350 A.C.)
Lógica, primeiros estudos dos animais

FERROVIA ANTIGA DA ALQUIMIA

Robert Boyle **(1662)**
Cálculo da relação entre volume e pressão de gases

PITÁGORAS (550 A.C.)
Início da matemática

Platão **(400 A.C.)**
Mundo das ideias e mundo sensível

RIO NERD

ANTOINE LAVOISIER (1760)
"Na natureza, nada se perde, tudo se transforma"

CHARLES DARWIN (1859)
Evolução por seleção natural

THOMAS MORGAN (1909)
Descoberta dos cromossomos

AEROPORTO TALES DE MILETO (600 A.C.)
Fundação da filosofia ocidental

ANTIGA ESTAÇÃO J.B. LAMARCK (1790)
Evolução por adaptação

Amedeo Avogadro **(1814)**
Cálculo do número de moléculas das substâncias

John Dalton **(1802)**
Primeiros cálculos da massa atômica

GREGOR MENDEL (1866)
Teoria genética

JAMES WATSON E FRANCIS CRICK (1953)
Estrutura química do DNA

Q E G Bi

MAPA DO TRANSPORTE CIENTÍFICO

Fi **FILOSOFIA** A linha mais antiga começa no aeroporto Tales de Mileto e dá acesso imediato à matemática e à biologia.

M **MATEMÁTICA** Da Estação Pitágoras você chega depressa à linha da física. E alcança mais rápido ainda a linha da astronomia.

Fs **FÍSICA** Começa na Estação Galileu, onde tem início o método científico. Dá acesso aos terminais Isaac Newton e Albert Einstein.

A **ASTRONOMIA** Vai da filosofia antiga aos buracos negros. E termina numa ousada baldeação com a linha da biologia moderna.

T **TEORIA DO TUDO** Perto do fim da linha da física, começa uma outra, que possui trens modernos e promete ir longe.

Q **QUÍMICA** Da ferrovia da alquimia surge a linha que vai cruzar com a da física e a da biologia. E revolucionar as duas.

Bi **BIOLOGIA** A linha sofreu alguns problemas durante a construção. E a antiga Estação Lamarck acabou numa cratera.

E **EVOLUÇÃO** A Estação Charles Darwin dá acesso a uma linha de ônibus cujo destino mudou o mundo.

G **GENÉTICA** Da Estação Gregor Mendel, sai um ônibus com o mesmo destino da Estação Charles Darwin e da linha da evolução.

Bm **BIOLOGIA MODERNA** Esta linha começa quando os ônibus da genética e da evolução se encontram. E decifrou o que você é.

INÍCIO · TERMINAL · BALDEAÇÃO · BURACO DO METRÔ · ESTAÇÃO EM CONSTRUÇÃO · ESTAÇÃO · ÔNIBUS · LINHA DESATIVADA

PIERRE LAPLACE (1770) Astronomia matemática

CARL FRIEDRICH GAUSS (1800) Geometria não-euclidiana

Bernhard Riemann (1850) Geometria diferencial, que tornou possível a Teoria da Relatividade

Henry Poincaré (1904) Princípio da Relatividade

John Nash (1951) Teoria dos Jogos

Edward Lorenz (1961) Teoria do Caos

Benoit Mandelbrot (1951) Fractais

William Herschel (1781) Descoberta de Urano

Charles Messier (1781) Observação das nebulosas

Marie Curie (1900) Descoberta dos elementos rádio e polônio

James Maxwell (1864) Constância da velocidade da luz

ERNEST RUTHERFORD (1911) Partículas do núcleo atômico

Max Planck (1900) Fundação da física quântica

Niels Bohr (1913) Órbita dos elétrons

Werner Heisenberg (1925) Princípio da Incerteza

Erwin Schroedinger (1926) Dualidade onda-partícula

Enrico Fermi (1934) Descoberta do neutrino

PAUL DIRAC (1955) Tentativa de combinar física quântica e relatividade

Peter Higgs (1964) Teoria sobre a origem da massa

TERMINAL ALBERT EINSTEIN (1916) Teoria da Relatividade Geral

Alexander Fleming (1929) Descoberta da penicilina

Karl Schwarzschild (1961) Idealização dos buracos negros

Murray Gell-Mann (1964) Descoberta dos quarks

Steven Weinberg (1967) Unificação de forças atômicas

John Wheeler (1957) Teoria dos buracos de minhoca

Fred Hoyle (1957) Formação de átomos nas estrelas

Roger Penrose (1964) Visão moderna dos buracos negros

Arno Penzias (1965) Descoberta de ecos do Big Bang no espaço

Leonard Susskind (1972) Primeira Teoria das Cordas

Michael Green e John Schwarz (1989) Mundo em dez dimensões

Edward Witten (1995) Universos múltiplos agora em 11 dimensões

Craig Venter (2000) Decodificação do genoma humano

Friederich Nietzsche (1882) "Deus está morto", niilismo

Ludwig Wittgenstein (1921) Lógica e filosofia da linguagem

Martin Heidegger (1927) Estudo dos fenômenos

Jean-Paul Sartre (1943) Existencialismo

Noam Chomsky (1955) Gramática universal

Linus Pauling (1939) Ligações químicas e estrutura de proteínas

Stephen Hawking (1970) Evaporação dos buracos negros

Alan Guth (1980) Teoria do Universo Inflacionário

Sidney Brenner (1960) Descoberta do RNA

Marshall Nirenberg (1961) Quebra do código genético

Richard Dawkins (1976) "Somos máquinas a favor dos genes"

LEE SMOLIN (1997) Teoria dos buracos negros como gametas de Universos

Salário de astronauta, safadezas lunares e uma bomba espacial

As perguntas de astronomia mais criativas enviadas pelos leitores desde que o Oráculo desembarcou neste planeta de borda vermelha chamado SUPER.

EDIÇÃO *Felipe Van Deursen*

AMANTES LUNARES

Dá para fazer sexo na Lua?

Não vai rolar, juvenil. A falta de atmosfera e as temperaturas extremas tornam impossível balançar a roseira em solo lunar. Mas a baixa gravidade não impediria os movimentos. O problema é outro. A falta das roupas levaria os selvagens amantes astronômicos à morte por descompressão, asfixia e congelamento. Nem adianta deixar só as partes íntimas para fora. Imagine a zona do agrião exposta a -153 °C ou a 170 °C. Fica a seu critério. [1]

GANGORRA DA GRAVIDADE

O que aconteceria com um objeto jogado em um poço que atravessasse a Terra?

Se um poço fosse escavado através da Terra, um tijolo que caísse dentro dele oscilaria para sempre de uma

Ilustração Gabriel Goés

extremidade a outra. À medida que o tijolo fosse descendo, sua velocidade aumentaria, devido à atração gravitacional. Ao passar pelo centro da Terra, sua velocidade chegaria ao máximo e começaria a diminuir, até chegar ao outro lado. Então, voltaria, como se tivesse sido jogado de novo. A gravidade o deixaria eternamente nesse vai e vem. Se Zeus fosse um executivo, teria esse enfeite em seu escritório de bacana.

QUE LUA!

Como Vênus é o planeta mais quente do Sistema Solar se Mercúrio está mais perto do Sol?
Porque a temperatura de um planeta não depende só da proximidade do Sol, mas também de características da superfície e da atmosfera. Em Mercúrio, existe variação de -173 °C a 427 °C, porque o planeta não tem uma atmosfera para segurar o termômetro. Já em Vênus, com suas nuvens de dióxido de carbono e enxofre, é um absurdo: 14 vezes mais quente do que a média de Cuiabá em janeiro (32 °C).

SENHORA DOS ANÉIS

Seria possível a Terra ter anéis como os de Saturno?
Não, senhor. Uma das teorias sobre os anéis diz que eles nasceram de colisões de cometas no planeta, explica Silvia Winter, da Sociedade Astronômica Brasileira. Como Saturno é gigante, com uma massa 95 vezes maior que a da Terra, teve e ainda tem mais chances de trombar esses cometas e produzir luas. Além disso, os anéis precisam de manutenção. Quem fornece partículas a eles são as dezenas de luas de Saturno. A Terra tem só uma, então seria difícil manter os anéis lindos e charmosos como os saturninos. [2]

TERRA MORTA

Se quando olho para o céu vejo estrelas que já morreram, se algum dia viajar para uma estrela e olhar de volta para a Terra, eu veria pessoas que já morreram?
Sim, caso você viajasse para uma estrela que ainda não morreu e olhasse para a Terra, veria nosso planeta com a mesma idade dos anos-luz de distância do astro. Ou seja, se a estrela estivesse a 100 anos-luz, você poderia assistir ao começo da Primeira Guerra Mundial, pois veria a Terra em 1914. [3]

(NÃO) FIZEMOS CONTATO

Por que, com tantas evidências e avistamentos, os ovnis ainda são tratados como mito?
Acontece que em nosso "mundo desencantado", como dizia Max Weber, prevalece a visão cética da ciência. E, para a ciência, os objetos voadores não identificados até existem, mas não são discos voadores. São coisas banais, como aviões, meteoros, satélites ou balões meteorológicos, que, por condições desfavoráveis (escuridão, neblina ou distância, por exemplo), não foram identificadas de cara.

COMETA DA SILVA

Se por acaso eu descobrir uma constelação, como faço para dar o meu nome a ela?
Já era. Todas as 88 constelações do céu já estão batizadas. Não sobrou nem uma estrela solitária – a União Astronômica Internacional (IAU) nem sequer analisa requisições de descobertas estelares. Por isso, foque em cometas. A maioria dos COMETAS CONHECIDOS leva nome de astrônomos sem diploma. Assim que achar um, envie um telegrama à IAU comunicando a descoberta. Mas seu cometa será nomeado com um insosso código numérico. Para emplacar seu nome, é preciso convencer os astrônomos com um pedido cheio de justificativas, o que pode levar anos.

HOLERITE SIDERAL

Qual é o salário de um astronauta?
Depende da carreira do cidadão. Astronautas podem ser tanto civis (com formação em engenharia ou medicina, por exemplo), como militares. Um astronauta civil recebe, segundo a Nasa, entre R$ 164 mil e R$ 355 mil por ano (algo entre R$ 13 mil e R$ 29 mil por mês). Dá para tirar bastante onda na área VIP. Já os funcionários do Exército, quando nomeados astronautas, continuam recebendo seus salários de militares. Não existe garantia de bônus após um voo espacial. O astronauta pode receber, no máximo, um reembolso de cerca de R$ 250, usado para cobrir despesas com acessórios comprados para a missão.

TERCEIRA GUERRA ESPACIAL

O que aconteceria com o nosso planeta se uma bomba atômica explodisse no espaço?
Se fosse longe, não traria problemas. Reações nucleares ocorrem regularmente nas estrelas sem grandes consequências para o nosso planeta. Mas não espere cogumelos de fumaça; no vácuo não ocorreria aquela revoada de poeira, apenas emissão de luz. Agora, se você está imaginando jogar uma bomba atômica na órbita da Terra, ninguém sabe com certeza o que aconteceria. É possível que partículas radioativas se espalhassem na atmosfera, causando um desastre global. [4]

NÚMERO INCRÍVEL

480

Quantidade de cometas conhecidos.

UM DADO RELEVANTE COM ALGUMA LIGAÇÃO

480 MIL KM/H

Velocidade da rota de colisão entre a Via Láctea e a galáxia de Andrômeda.

OUTRO DADO RELEVANTE SEM NENHUMA LIGAÇÃO

480 NANÔMETROS

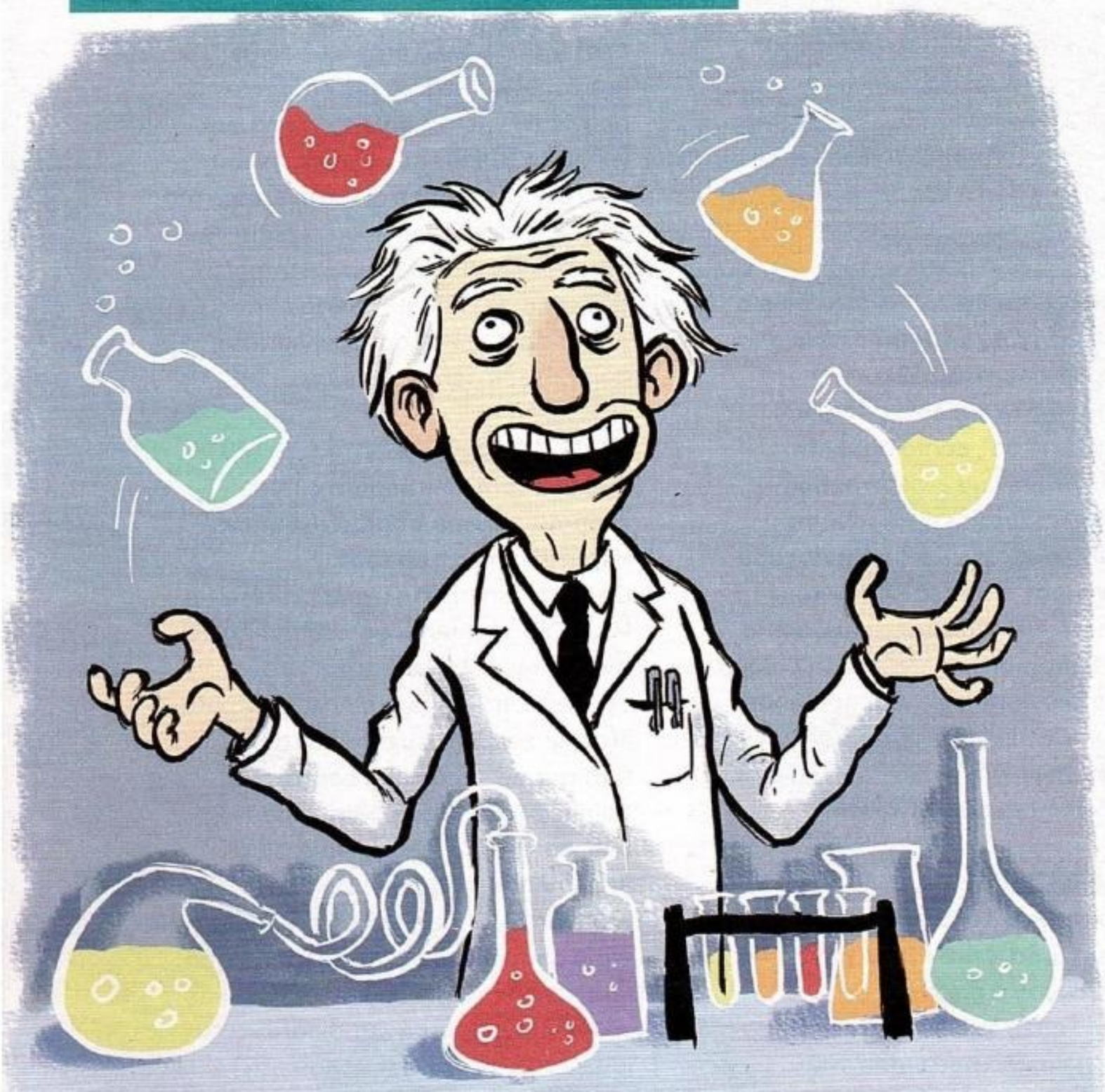
É o comprimento de onda que determina o limite entre o azul e o ciano no espectro da luz visível.

PERGUNTE AO ORÁCULO!

Escreva para **superleitor@abril.com.br** com o assunto "Oráculo" e mencione sua cidade e Estado.

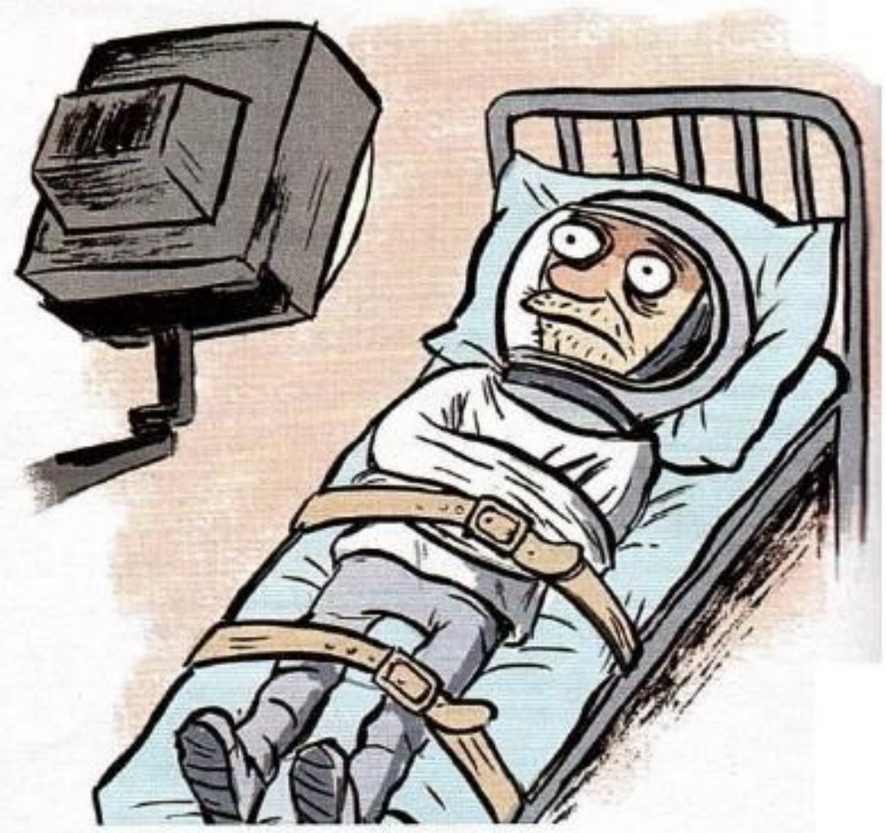
Fonte [1] Bruno Castilho, astrônomo do Laboratório Nacional de Astrofísica [2] Silvia Winter, da Sociedade Astronômica Brasileira [3] Renato Las Casas, professor da Universidade Federal de Minas Gerais [4] Luiz Carlos Chamon, físico e professor da USP

CIÊNCIA MALUCA



Circo no laboratório

Ciência Maluca estreou em 2002. E virou uma das seções mais queridas da SUPER. Confira os experimentos mais bizarros e as descobertas mais inusitadas desses últimos 12 anos.



Dormindo no trabalho

Para estudar os efeitos da falta de gravidade no corpo humano, a Agência Espacial Europeia realizou um experimento macabro: prendeu 25 pessoas em suas camas por quatro meses. Além de exames médicos, suas únicas atividades eram comer, assistir televisão e ler. Finalizada a experiência, em 2002, as cobaias só conseguiram andar depois de alguns dias.

Som do espaço

Em 2004, o pesquisador Tim Leighton, da Universidade de Southampton, na Inglaterra, reproduziu o som de uma cachoeira em Titã, uma das luas de Saturno. Detalhe: a corredeira é de metano líquido, o que resultou num misto do barulho de uma queda d'água com o chiado de uma frigideira.

CONEXÕES

DO BIG BANG AO BANGUE-BANGUE POR Rodrigo Rezende

BIG BANG
Antes da explosão que originou o Universo, não havia o que chamar de "antes". Foi só com o Big Bang, há 13,7 bilhões de anos, que o tempo e o espaço começaram. Depois da explosão, vieram à luz as partículas que compõem a própria luz: os...

FÓTONS
Raios gama, ultravioleta, micro-ondas, ondas de rádio. Tudo isso é feito de fótons, partículas que são produzidas em massa pelas estrelas. Até o século 19, a humanidade tinha de se virar com os fótons de uma delas (o Sol) ou do fogo. Até que nasceu...

THOMAS EDISON
As lâmpadas elétricas espalharam fótons pelo mundo e enriqueceram Edison, seu inventor. Ele também criou a máquina de filmar. E, para fugir do pagamento dessa patente para Edison, produtores de cinema de Nova Jersey mudaram para...

HOLLYWOOD
Não é por coincidência que Hollywood fica ao lado do México. A proximidade com a fronteira dava uma rota de fuga para empresários processados. Sem contar que os terrenos baratos funcionavam bem como locação de filmes de...

BANGUE-BANGUE
Gênero que retrata as agruras da colonização do oeste dos Estados Unidos. Tudo começou em 1804, quando o presidente Thomas Jefferson comprou a região dos franceses. No território, estava a Porta do Oeste, onde fica o Estado do...

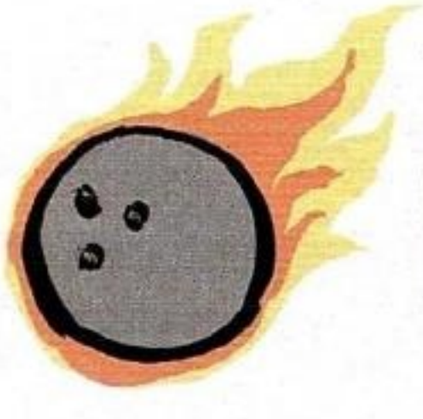
Ilustração Eduardo Arruda

TUDO QUE VAI VOLTA

O que acontece quando se lança um bumerangue em uma nave espacial, com gravidade zero? Exatamente a mesma coisa que rolaria aqui na Terra. O responsável pelo experimento é o astronauta japonês Takao Doi, que ficou jogando com o brinquedo durante sua missão na Estação Espacial Internacional, realizada em 2008.

ENFIM, SALVOS

Se caísse em um buraco negro, você morreria em um décimo de segundo, tempo suficiente para sentir dor. Ainda bem que o físico Richard Gott, da Universidade Princeton, criou um jeito de aliviar esse sofrimento: contrabalançar a gravidade com um anel de 12 trilhões de toneladas. Com a "invenção", de 2003, a morte aconteceria em indolores 3 milésimos de segundo.



STRIKE AÉREO

Em 2003, a Sociedade Astronômica de Salt Lake, nos Estados Unidos, queria simular o impacto de meteoritos na Terra. A ideia era lançar, de dentro de um avião, bolas de boliche sobre os desertos de sal da região e analisar as crateras que elas formam. A pesquisa foi proibida pelo governo, que considerou o perigo aos trabalhadores que circulam por ali.

GALÁXIA DE FRAMBOESA

Astrônomos do Instituto Max Planck, na Alemanha, descobriram metanoato de etila, substância que dá sabor à framboesa, em uma nuvem de poeira próxima ao centro da Via Láctea. Mas, se astronautas fossem até lá, não poderiam se deliciar: segundo o estudo, de 2009, a nuvem também é formada por cianeto de propila, um veneno letal.

DE VOLTA PARA O FACEBOOK

Neste ano, físicos da Universidade Teonológica de Michigan, nos Estados Unidos, vasculharam posts de 2006 no Facebook e no Twitter, procurando menções ao papa Francisco e ao cometa ISON - assuntos que surgiram em 2012. Se alguém tivesse falado sobre eles já em 2006, bem antes, é porque viera do futuro. Nada foi encontrado.

Paintball da salvação

Se um asteroide vier em direção à Terra, cientistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts possuem uma solução. A ideia, divulgada no ano passado, é construir uma arma de paintball gigante que seria usada para jogar 5 toneladas de tinta no pedregulho. Pintado de branco, ele refletiria mais luz solar. Com isso, mais partículas de luz refletiriam no asteroide e a energia dos fótons faria com que ele mudasse de trajetória. Problema: essa alteração de caminho demoraria 20 anos para acontecer.

DO BANGUE-BANGUE AO BIG BANG POR Fabio Marton

MISSOURI
Localizado às margens do rio Mississippi, o Estado marcava a fronteira entre a civilização e o oeste selvagem. Também no Missouri fica a pequena cidade de Marshfield, que em 1889 viu nascer seu mais ilustre filho, o astrônomo...

EDWIN HUBBLE
Hubble, que batiza um telescópio da Nasa, virou astrônomo em 1919, trabalhando no telescópio Hooker, em Los Angeles. Em janeiro de 1925, ele publicou um estudo revolucionário com algumas de suas observações. Tratava-se da existência das...

GALÁXIAS
Até ali, achava-se que nossa galáxia era tudo que existia. Hubble observou que algumas nebulosas estavam longe demais. Deveriam ser outras galáxias, com suas próprias estrelas. Em 1929, ele provou que elas se afastavam de nós. Era o primeiro indício do...

BIG BANG
Como as galáxias se distanciam, um dia deviam estar juntas, num ponto que se expandiu num estouro gigante. Para ridicularizar essa teoria, o astrônomo Fred Hoyle criou o apelido Big Bang. Como num bom faroeste, o tiro acabou saindo pela culatra.

INFOGRÁFICO

RASCUNHOS DO COSMOS

POR *Francisco Botelho, Denis Russo Burgierman, Rodrigo Maroja e Pedro Kastro*

SÉCULOS 6 E 5 A.C. ANTES DE SÓCRATES

Os primeiros filósofos gregos elaboraram várias explicações para o cosmos. De acordo com Anaximandro, o espaço surgira da água e os seres humanos descendiam dos peixes; a Terra seria um disco achatado e flutuante, circundado por tubos furados de névoa luminosa, com um círculo de fogo por fora.

SÉCULO 4 A.C. MODELO GEOCÊNTRICO

Usando ideias de Pitágoras, Eudoxo de Cnido criou um modelo geocêntrico do Universo, onde os planetas eram corpos esféricos que se moviam em órbitas circulares e as estrelas estavam fixas numa esfera externa. Aristóteles e Ptolomeu também acreditavam que a Terra ficava no centro de tudo.

SÉCULO 16 MODELO HELIOCÊNTRICO

As ideias de Aristóteles e Ptolomeu dominaram o pensamento ocidental até a época de Nicolau Copérnico. Para ele, o Sol, e não a Terra, era o centro de tudo. Mais tarde, Giordano Bruno afirmou que o Universo não tem centro nem limites, e que as estrelas estão espalhadas através de um espaço infinito. Morreu na fogueira.

Ilustração Pedro Kastro
Imagem Corbis/ StockPhotos

Qual a origem de planetas e estrelas? Quem está no centro de tudo? O espaço é realmente infinito? As respostas podem ser encontradas em representações visuais do Universo. Desenhos que refletem as crenças filosóficas e religiosas de seus criadores.

SÉCULO 21 UNIVERSO ECPIRÓTICO

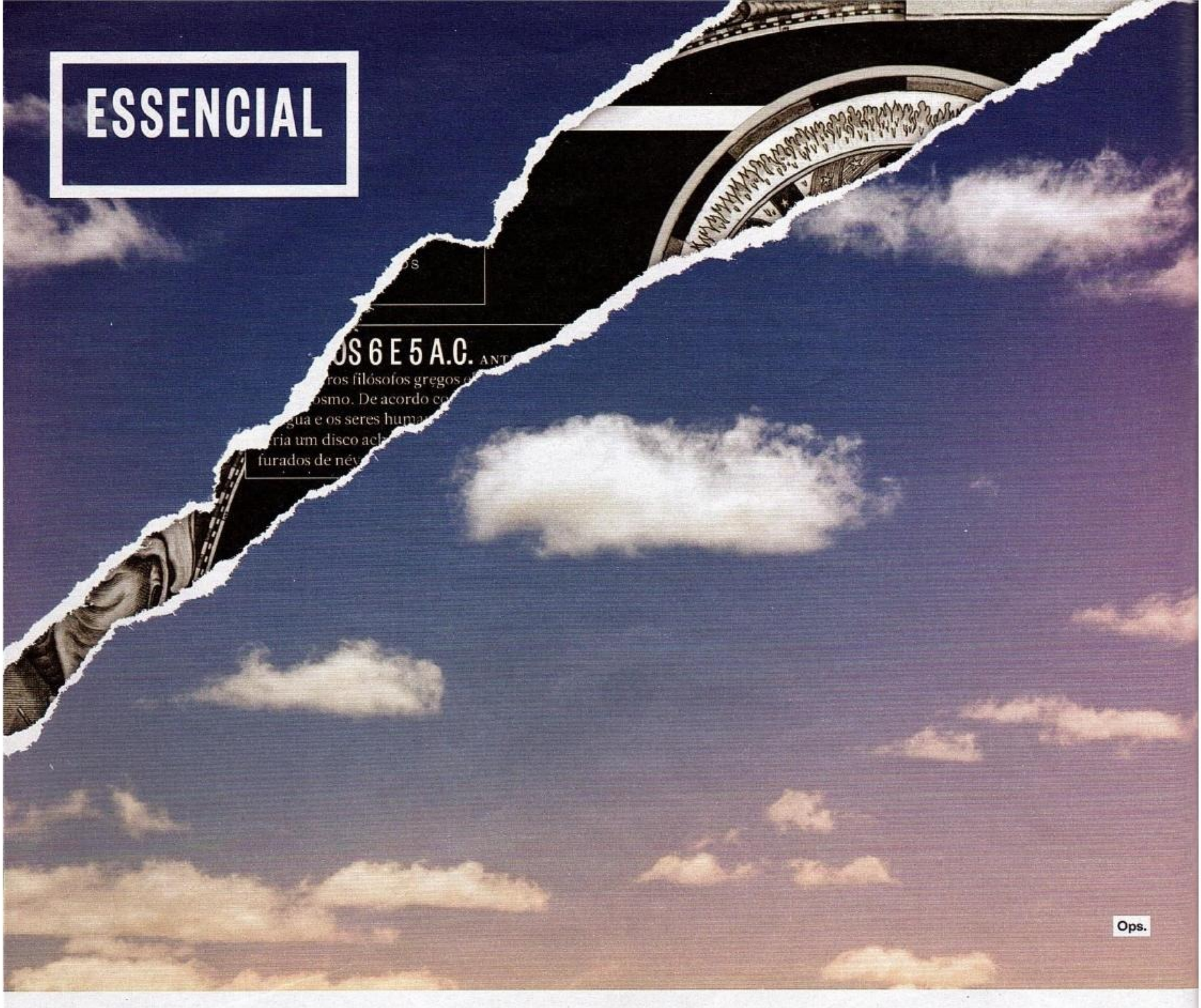
Essa ideia, derivada da Teoria M, a versão mais recente da Teoria das Cordas, diz que tudo surgiu do choque de duas "membranas cósmicas" numa 11ª dimensão do espaço *(veja na p. 48)*. É difícil de desenhar, por isso a ilustração simplifica a ideia e mostra duas "membranas bidimensionais" que se chocam na terceira dimensão. A batida teria sido percebida como o Big Bang.

FIM DO SÉCULO 20 MULTIVERSO

Mas se o Universo é finito, o que há fora dele? Para os defensores do multiverso, existem inúmeros cosmos. Eles podem ter nascido via inflação cósmica *(veja na p. 44)*. Mais: segundo alguns teóricos, cada buraco negro pode gerar seu próprio Universo.

DÉCADA DE 1920 GRANDE ESTOURO

Georges Lemaître e Alexander Friedman propuseram um modelo de Universo finito, em constante expansão. Ele teria começado com a explosão de um só átomo, onde toda a matéria e energia se concentravam com densidade infinita. Outras ideias foram consideradas, mas, com confirmações obtidas nos anos 60, a teoria do Big Bang passou a reinar soberana.



RACHADURAS NAS PAREDES DO UNIVERSO

A maior descoberta de 2014 pode ter sido uma ilusão. Mesmo assim, ela serve para lembrar algo especial: que somos mais do que meros observadores do cosmos. Entenda.

TEXTO *Alexandre Versignassi*

DEPOIS DO CÉU, TEM OUTRO CÉU. Sem estrelas. Se você voar alto o bastante, uma hora sai da Via Láctea. As estrelas vão ficar lá embaixo, confinadas em braços espirais. Mas ainda vai existir um céu, e ele será pontilhado de galáxias. E depois desse céu, tem outro céu. Sem galáxias.

É o que os telescópios mostram. Para além das galáxias, o que existe é uma sopa de radiação. Um caldo onipresente – que os astrônomos chamam de "radiação cósmica de fundo". "De fundo" porque permeia tudo o que dá para ver além do domínio das galáxias. Para qualquer canto que você apontar um telescópio, essa radiação vai estar lá. Na prática, ela forma as paredes do Universo. E foi nessas paredes que podem ter feito, em março deste ano, uma das descobertas mais bonitas da história. Essas paredes já eram bem conhecidas. Elas são a maior evidência do Big Bang, e, de quebra, a maior

Ilustração Rafael Quick

amostra de que o senso comum não entende o que realmente foi o Big Bang. Para começar, a explosão que deu origem ao Universo não foi uma explosão. Ela *ainda é* uma explosão.

O Big Bang continua big-bangando, porque o cosmos continua expandindo. E cada vez mais rápido. Vivemos dentro de uma "explosão controlada". Mais importante: o Big Bang não aconteceu em algum lugar distante nas profundezas do cosmos. Ele aconteceu exatamente aí, onde você está agora. Ele aconteceu em Guarulhos, em Júpiter e na sua testa. Ao mesmo tempo. É que, há 13,8 bilhões de anos, tudo o que existe hoje, aqui, no céu ou na sua cabeça, estava espremido no mesmo ponto. E do lado de fora desse ponto não existia um "lado de fora". Não existia nada. Todo o espaço e tudo o que preenche o espaço estavam contidos lá. Tudo mesmo: da energia que forma os átomos dos seus cílios ao espaço físico que separa São Paulo do Rio – ou a Via Láctea da galáxia de Andrômeda. Tudo bem apertado, numa quantidade de espaço que caberia com folga na ponta de um alfinete.

O Big Bang foi a expansão dessa quantidade de espaço. E ainda é, já que o espaço continua inflando, como uma bexiga descomunal. Essa expansão, por sinal, chegou a ter uma fase especialmente acelerada – um período de trilionésimos de segundo que os astrônomos chamam de "inflação cósmica". Para localizar melhor: o Big Bang, estritamente falando, foi o momento em que o Universo saiu do nada para virar algo do tamanho de uma partícula subatômica. Depois desse pequeno passo, veio o grande salto: a inflação cósmica. Foi aí que o Universo deixou de ser uma partícula e virou algo parecido com isso que a gente vê à noite pela janela (ainda sem estrelas, ou átomos, ou luz, mas ainda assim algo grande). Essa puberdade cósmica passou rápido. Uma fração de trilionésimo de segundo e já era: o ritmo da expansão voltou ao normal. Mas a inflação deixou rastros, resquícios daquele tempo especial, em que o Universo era uma partícula subatômica.

Foi um desses rastros que o time do astrônomo John M. Kovac, do Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian, encontrou no céu do Polo Sul, em março de 2014. Eles perceberam "rachaduras" nas paredes do Universo. Ondas, na verdade, permeando a radiação cósmica de fundo.

E aí que está a beleza da coisa. Por causa do seguinte: a ciência sabe que as forças da natureza se manifestam em forma de ondas. O eletromagnetismo, a que mantém os ímãs presos na geladeira e que faz sua mão doer se você dá um soco na mesa (graças à repulsão eletromagnética entre os átomos da sua mão e os da mesa), é feito de ondas. Ondas eletromagnéticas. Outras duas forças também vêm em ondas, como o mar: a nuclear forte, que mantém os quarks unidos na forma de prótons, e a nuclear fraca, a mais figurante de todas, que age na periferia dos átomos. É o que a física quântica provou ao longo do século 20. Só que ficou um buraco nessa história. Ninguém nunca detectou as ondas que deveriam formar a força mais popular das quatro que existem: a gravidade.

AS CICATRIZES NA RADIAÇÃO DE FUNDO PODEM SER FÓSSEIS DA ADOLESCÊNCIA TUMULTUADA DO COSMOS, MARCAS DO TEMPO EM QUE O UNIVERSO INTEIRO ERA SÓ UMA PARTÍCULA.

Mas podem ter acabado de encontrar. É que, se existem ondas visíveis nas paredes do Universo, como os pesquisadores do Polo Sul viram, elas podem, sim, ser ondas gravitacionais. E provavelmente geradas pela violência da inflação cósmica – dá para imaginá-las como cicatrizes daquele crescimento fulminante. Para todos os efeitos, seriam fósseis da adolescência tumultuada do cosmos, marcas do tempo em que o Universo era só uma partícula. Tudo isso ainda é hipótese pura – e imagens mais recentes das cicatrizes, feitas em setembro pelo telescópio espacial Planck, sugerem que elas podem ser só poeira estelar. Que a descoberta das ondas gravitacionais pode ter sido só uma ilusão.

Mesmo assim, só a possibilidade de que não, não seja uma ilusão, já serve para lembrar a gente de algo mais profundo: de que somos tão parte do cosmos hoje quanto na época em que estávamos todos juntos, ali, naquela ponta de alfinete. Serve para lembrar que não somos meros observadores do Universo. Somos o próprio Universo, tomando consciência de si mesmo.

FÍSICA DE PARTÍCULAS

OS 7 ELEMENTOS

TEXTO *Rodrigo Rezende* FOTO *Marcelo Fubah* DESIGN *Fabricio Miranda e Rafael Quick*

A vida, o Universo e tudo o mais são feitos de meia dúzia de ingredientes simples. Veja como eles mantêm essa obra em pé. E conheça o misterioso sétimo elemento, que faz os cientistas arrancarem os cabelos.

FOGO, TERRA, ÁGUA E AR. Os filósofos gregos acreditavam que esses quatro elementos formavam tudo o que existe. E eles não estavam tão errados assim. Hoje sabemos que você, as pedras e as estrelas são o resultado de alguns poucos ingredientes e da forma como eles interagem entre si. Para entender isso melhor, olhe seu dedo, que está segurando esta revista. Ele é composto de 99,9% de vazio. Não toca nada. O que mantém esta revista na sua mão são partículas insanamente pequenas trocadas freneticamente entre os átomos dos seus dedos e os do papel. Essas partículas, os verdadeiros elementos fundamentais da natureza, habitam o universo quântico. Duas delas, os quarks e elétrons, formam toda a matéria que você vê. Outras quatro são bloquinhos de energia pura. Há também o neutrino, uma partícula sem casa, que vive do lado de fora dos átomos. Nosso mergulho no mundo subatômico começa por ele. E termina numa enrascada que faz a ciência de hoje parecer tão limitada quanto as ideias dos filósofos gregos.

1
NEUTRINO

Em 1 segundo, mais de 120 bilhões de partículas minúsculas e quase sem massa terão atravessado seus olhos a uma velocidade próxima a 300 mil quilômetros por segundo. E, até o final desta reportagem, cerca de 10 milhões delas serão criadas dentro de você. Sabe qual o efeito de toda essa atividade? Praticamente nenhum. Isso porque o neutrino, a forma de matéria mais leve que existe, interage tão pouco com as outras coisas que é chamado de partícula fantasma. Ele surge dentro do núcleo atômico, quando um próton vira nêutron (ou vice-versa). Isso acontece nos átomos de hidrogênio do Sol. E dentro de você também. Certos átomos de potássio que formam seu corpo estão emitindo neutrinos agora mesmo. Mas ele não vem do nada, claro: é que sempre sobra alguma energia quando essas transformações acontecem. Essa força, segundo Einstein, se converte em massa, e o processo dá origem, entre outras coisas, a um novo e levíssimo neutrino. Mas nem todos os elementos que formam o Universo são tão fantasmagóricos e antissociais como o neutrino. Um deles, muito pelo contrário, é bem interativo. O nosso número 2.

2
ELÉTRON

O neutrino está vagando por aí, solto pelo espaço. Já o elétron, seu primo mais gordo, também é meio nômade, mas costuma morar numa espécie de habitat natural: a periferia do átomo. E essa perifa do átomo, também conhecida por eletrosfera, é gigantesca. Se o núcleo do átomo fosse do tamanho de uma bola de futebol, o "pedaço" habitado pelos elétrons seria do tamanho de um estádio. Apesar de terem massa desprezível, os elétrons são os responsáveis pelas maravilhas da civilização: chocam-se contra a tela da TV e acendem a imagem, movem-se no filamento da lâmpada e produzem luz, espremem-se contra o ferro de passar e produzem calor, transformam em dados as batidas do teclado de quem escreveu este texto e alimentam a gráfica que imprimiu esta revista. O elétron foi a primeira partícula subatômica a ser descoberta, em 1897, e a única da "velha geração" que continua a ser fundamental. Diferentemente dos pesadões próton e nêutron, que já foram tidos como elementos fundamentais, mas acabaram rebaixados. Eles são feitos de outras partículas, encontradas em 1964. Os...

3
Quarks

"Três quarks para muster mark." Foi dessa frase do livro *Finnegann's Wake*, do irlandês James Joyce, que o físico americano Murray Gell-Mann tirou o nome dos blocos de partículas formadores de prótons e nêutrons. Um nome que não significa nada. Mas os quarks significam muito: eles são os tijolos que a natureza usa para construir prótons e nêutrons, as superpartículas que formam o núcleo atômico. Cada uma delas é feita de três quarks. Pudera: eles são como uma panelinha de amigos fiéis. Existem só em grupos de três e possuem um tipo de "carga elétrica" chamada cor, que pode ser azul, vermelha ou verde. Dentro de suas panelinhas, eles ficam trocando de cor (ou carga) o tempo todo, como modelos trocando de vestido, num desfile dentro do átomo. Os quarks estão confinados dentro de seu grupo por uma força absurdamente alta, que os puxa violentamente de volta cada vez que eles tentam abandonar a turma. E essa força também é formada por uma partícula. É o...

HARMONIA ELEMENTAR

Este esquema mostra um átomo de hidrogênio, que só tem um próton e um elétron. Mas é o suficiente para mostrar os sete elementos – as quatro forças fundamentais, formadas por partículas de energia, e os três tijolos básicos da matéria.

FORÇA GRAVITACIONAL

Formada por grávitons, age em tudo o que existe. Mas não apita nada quando olhamos só para o mundo subatômico. Lá reinam forças trilhões e trilhões de vezes mais poderosas.

FORÇA ELETROMAGNÉTICA

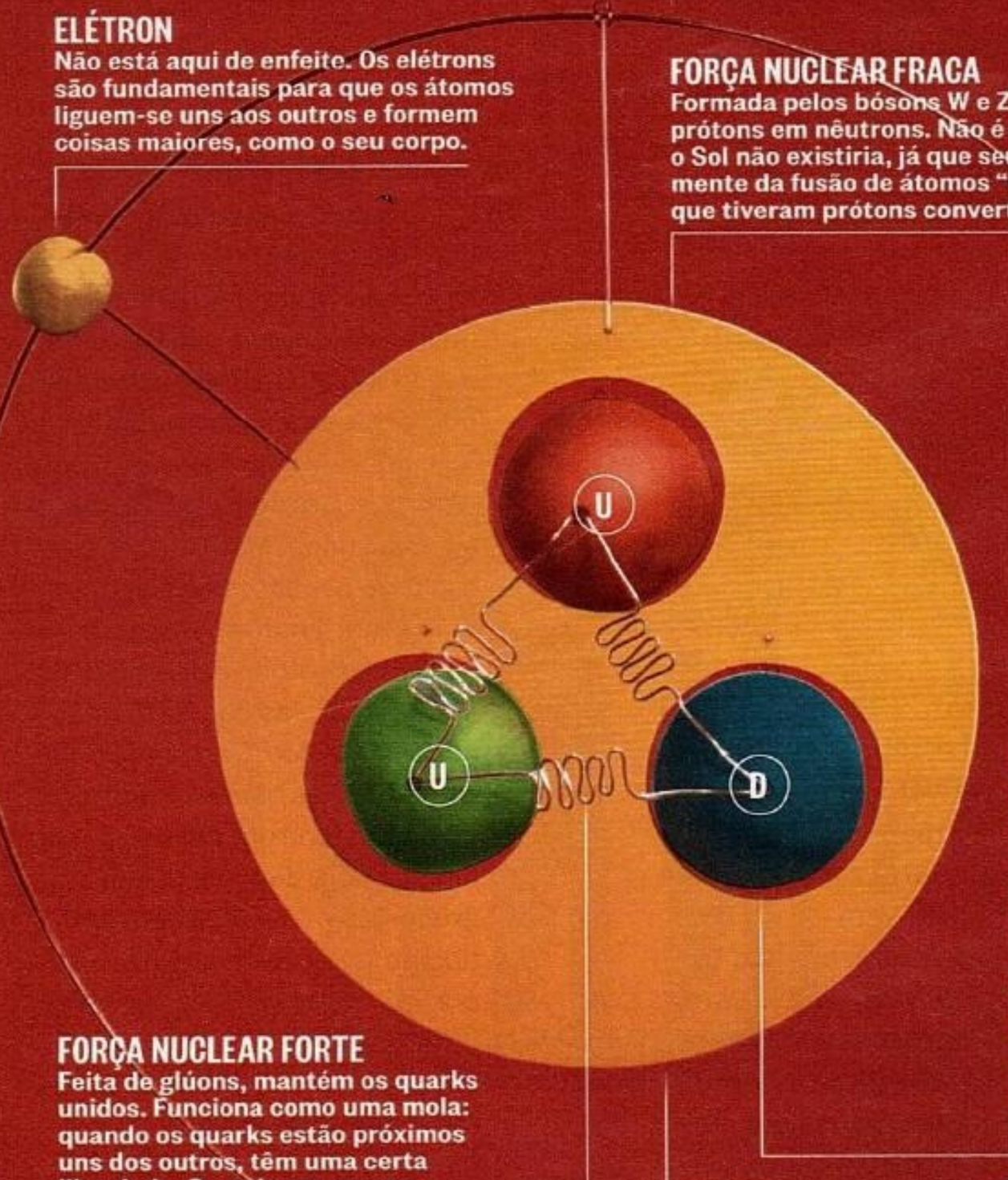
Composta de fótons, mantém os elétrons em volta do núcleo atômico. E é 1042 (o número 1 seguido de 42 zeros) mais forte que a gravidade. Tanto que basta um ímã minúsculo para levitar um alfinete – e vencer toda a gravidade do Terra.

ELÉTRON

Não está aqui de enfeite. Os elétrons são fundamentais para que os átomos liguem-se uns aos outros e formem coisas maiores, como o seu corpo.

FORÇA NUCLEAR FRACA

Formada pelos bósons W e Z, pode transformar prótons em nêutrons. Não é pouco: sem isso, o Sol não existiria, já que seu brilho sai justamente da fusão de átomos "mutantes", que tiveram prótons convertidos em nêutrons.



FORÇA NUCLEAR FORTE

Feita de glúons, mantém os quarks unidos. Funciona como uma mola: quando os quarks estão próximos uns dos outros, têm uma certa liberdade. Quando um escapa, é puxado de volta com força.

QUARK

Dois tipos formam o núcleo atômico: o quark up e o quark down. Dois ups e um down formam um próton. Dois downs e um up, um nêutron. Quando a força fraca chega e faz um tipo de quark se transformar em outro, prótons viram nêutrons (e vice-versa).

PRÓTON

ÁTOMO DE HIDROGÊNIO

NEUTRINO

Quando um próton vira nêutron, ele solta uma terceira espécie de partícula: o neutrino, que vaga por aí e é tão minúsculo que pode atravessar quilômetros de chumbo sem ser perturbado.

4

GLÚON

Os glúons são como estilistas de quark no desfile subatômico. Eles ficam circulando de um quark a outro dentro da panelinha e são os responsáveis pela troca da cor dos vestidos. Essas partículas funcionam como uma espécie de mola, que deixa os quarks livres quando estão próximos ao centro do grupo, mas os puxam de volta com muita força quando eles se afastam. A força formada pelo glúon é a mais poderosa do Universo, quase infinitamente mais forte do que a gravidade que nos une ao chão. Responde pelo nome de força nuclear forte e mantém o núcleo do átomo coeso. Mas às vezes o elástico arrebenta, e o núcleo do átomo se desfaz. Esse processo é chamado fissão nuclear, quando o átomo é partido em dois, ou decaimento radioativo, quando pedaços do núcleo atômico se soltam, espalhando-se por aí. Essa bagunça atômica, a radioatividade, é causada por partículas desordeiras, verdadeiras destruidoras de átomo. São os nada famosos...

Infográfico: Alexandre Versignassi e Fabricio Miranda
Ilustração: Átomo B

5

BÓSONS W E Z

Essas partículas são como valentões de colégio: grandes e pesadas, passam a vida tratando a cotoveladas os quarks, elétrons e neutrinos. A gangue da força fraca é formada por três integrantes: os bósons W-, W+ e Z, todos eles com mais de 86 vezes o peso de um próton inteiro. Eles tocam o terror dentro do núcleo, chegando a expulsar partículas de dentro dos átomos mais pesados (daí a radiação). Apesar da violência, essa força é menos intensa que a nuclear forte, cerca de 100 mil vezes mais poderosa. É por isso que os valentões ganharam o apelido de "força fraca". Na realidade, a gangue da força fraca é uma dissidência de outro bando, muito maior e mais poderoso. No início do Universo, eles estavam associados a outras partículas, com as quais compunham uma força chamada de eletrofraca, que não existe mais. Bilhões dessas antigas companheiras da força fraca saltam desta página direto para os seus olhos a cada segundo. Estamos falando do radiante...

6

FÓTON

O sinal da televisão, do rádio, do celular, os raios X, a força que prende o ímã da pizzaria na sua geladeira. Tudo isso é composto de fótons. Eles são mais conhecidos como as partículas que formam a luz visível. Mas essa é só uma de suas atribuições. O que o fóton faz é carregar a segunda força mais poderosa do cosmo: a eletromagnética, bilhões e bilhões de vezes mais poderosa que a gravidade e apenas cem vezes menos intensa que a nuclear forte. Sabe quando falamos que seus dedos não seguram esta revista? Então: o que você entende como toque é nada mais que a repulsão eletromagnética entre o papel e a sua pele. Uma repulsão que acontece por causa dos fótons que sua mão e a revista trocam quando se aproximam. Pense nisso quando fizer sexo: tudo o que você sente ali é uma grande troca de fótons. Bom, de quebra, a força eletromagnética também é a principal responsável por manter os elétrons em torno do núcleo. E é ela que comanda as ligações químicas dos átomos e moléculas. Ufa! Mas existe outra força por aí. Justamente aquela que você mais percebe no dia a dia. É a velha gravidade, que seria o produto do...

QUASE OITO O bóson de Higgs não é exatamente um "elemento". É a entidade da natureza que cria a diferença entre partículas com massa e sem massa. Ele produz uma espécie de "campo de força" que permeia cada nanômetro quadrado do Universo. Fótons e outras partículas de energia pura, que não têm massa, não tomam conhecimento desse campo. Quarks, elétrons e outras partículas com massa sofrem uma espécie de "atrito" ao atravessar o campo. E o resultado do atrito é a própria massa dessas partículas. Ou seja, não fosse pelo Higgs, a gente seria feito de energia pura.

7

Gráviton

Dissemos "seria" porque, acredite se quiser, a força que empurrou a maçã na cabeça de Newton e que mantém a Terra orbitando em torno do Sol ainda não é compreendida pela física quântica, para a qual toda força é feita de alguma partícula de energia. A responsável pela gravidade tem até nome: gráviton. Mas, quando os físicos tentam espatifar átomos em aceleradores de partículas para analisar o que sai lá de dentro, cadê o gráviton? Ninguém sabe, ninguém viu. Ele continua sendo uma hipótese e um buraco no Modelo Padrão, a teoria da física que explica tudo o que você viu aqui. Na verdade, o gráviton pode ser o calcanhar de aquiles da física. Há quem diga que só será possível entender a gravidade se olharmos ainda mais fundo na matéria. Para que a maçã de Newton faça sentido, talvez seja preciso pisar num mundo ainda mais misterioso que o da mecânica quântica: o das cordas – entidades fantasmagóricas que viveriam num mundo de 11 dimensões e estariam, segundo alguns teóricos, por trás dos sete elementos.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

A CHAVE DE TUDO

A RESPOSTA PARA TODAS AS PERGUNTAS. A EQUAÇÃO QUE RESOLVE TODAS AS QUESTÕES. CONHEÇA A FANTÁSTICA VIAGEM DA CIÊNCIA EM BUSCA DO SEU SANTO GRAAL: A TEORIA DE TUDO.

TEXTO *Helio Gurovitz* ILUSTRAÇÃO *Samuel Rodrigues* DESIGN *Rafael Quick*

Para Pitágoras, a "harmonia das esferas" era a origem de tudo. Com base na proporção entre os comprimentos das cordas musicais, Pitágoras descobriu os intervalos entre notas existentes até hoje na música. Ele também buscava nos números a explicação para o funcionamento de todo o Universo.

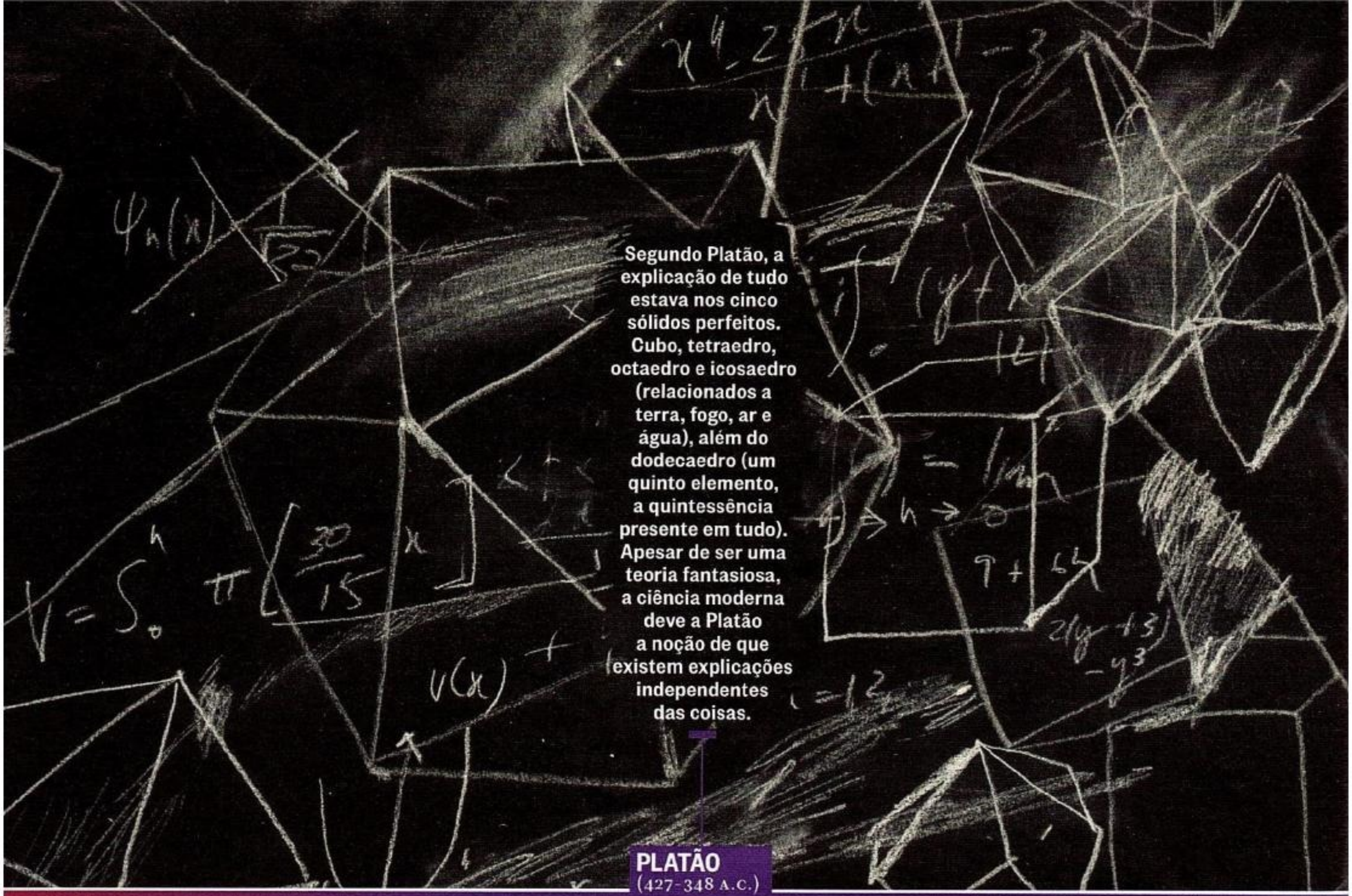
TEÓRICOS DE TUDO

DAS CORDAS MUSICAIS À TEORIA DAS CORDAS. ACOMPANHE NA LOUSA A CAÇADA PELA TEORIA UNIFICADA DA FÍSICA.

PITÁGORAS (570-497 A.C.)

Pitágoras dizia que era a harmonia musical. Platão acreditava nos sólidos perfeitos. Newton e Einstein, no espaço, no movimento e na energia. Alguns físicos de hoje, em supercordas. Desde que o mundo é mundo, os cientistas sonham com o dia em que toda a realidade caberá numa formulação simples e elegante, com o momento em que tudo o que existe, existiu ou existirá poderá ser explicado por uma espécie de teoria de tudo: completa, imune a contradições e, acima de qualquer suspeita, real. Até hoje, quem teve mais sucesso na empreitada foi o finado Tim Maia, que resumiu numa única frase – "tudo é tudo e nada é nada" – a confusão sem fim que é explicar este ou qualquer outro Universo. Mas as tentativas dos físicos e matemáticos em busca da teoria de tudo contam uma das histórias mais fascinantes do pensamento humano, de seus ideais e seu alcance, de suas conquistas e limitações.

"Tudo são números." Atribuída a Pitágoras de Samos, por volta de 500 a.C., essa frase pode ser considerada o início da busca dos homens por uma explicação lógica, precisa e racional para os fenômenos da natureza. Pitágoras teria descoberto que harmonias sonoras podiam ser explicadas pelas proporções entre o comprimento das cordas musicais. Com base nos números, construiu todo um arcabouço de ideias matemáticas que resultaram no célebre teorema de Pitágoras, o dos catetos e da hipotenusa (que, em grego antigo, também significa "a corda estendida"). Os intervalos musicais descobertos pelos pitagóricos em suas cordas estendidas (a oitava, a quinta e a quarta) estão presentes até hoje na música ocidental e serviram para que eles construíssem um modelo para o Universo em que tudo era resultado da "harmonia das esferas", fruto »



Segundo Platão, a explicação de tudo estava nos cinco sólidos perfeitos. Cubo, tetraedro, octaedro e icosaedro (relacionados a terra, fogo, ar e água), além do dodecaedro (um quinto elemento, a quintessência presente em tudo). Apesar de ser uma teoria fantasiosa, a ciência moderna deve a Platão a noção de que existem explicações independentes das coisas.

PLATÃO (427-348 A.C.)

» dos números. Cordas vibrando e gerando diferentes harmonias também são a base da teoria mais atual da física para explicar o Universo, chamada justamente de Teoria das Cordas. Mas como as ideias de Pitágoras passaram a influenciar físicos do século 21?

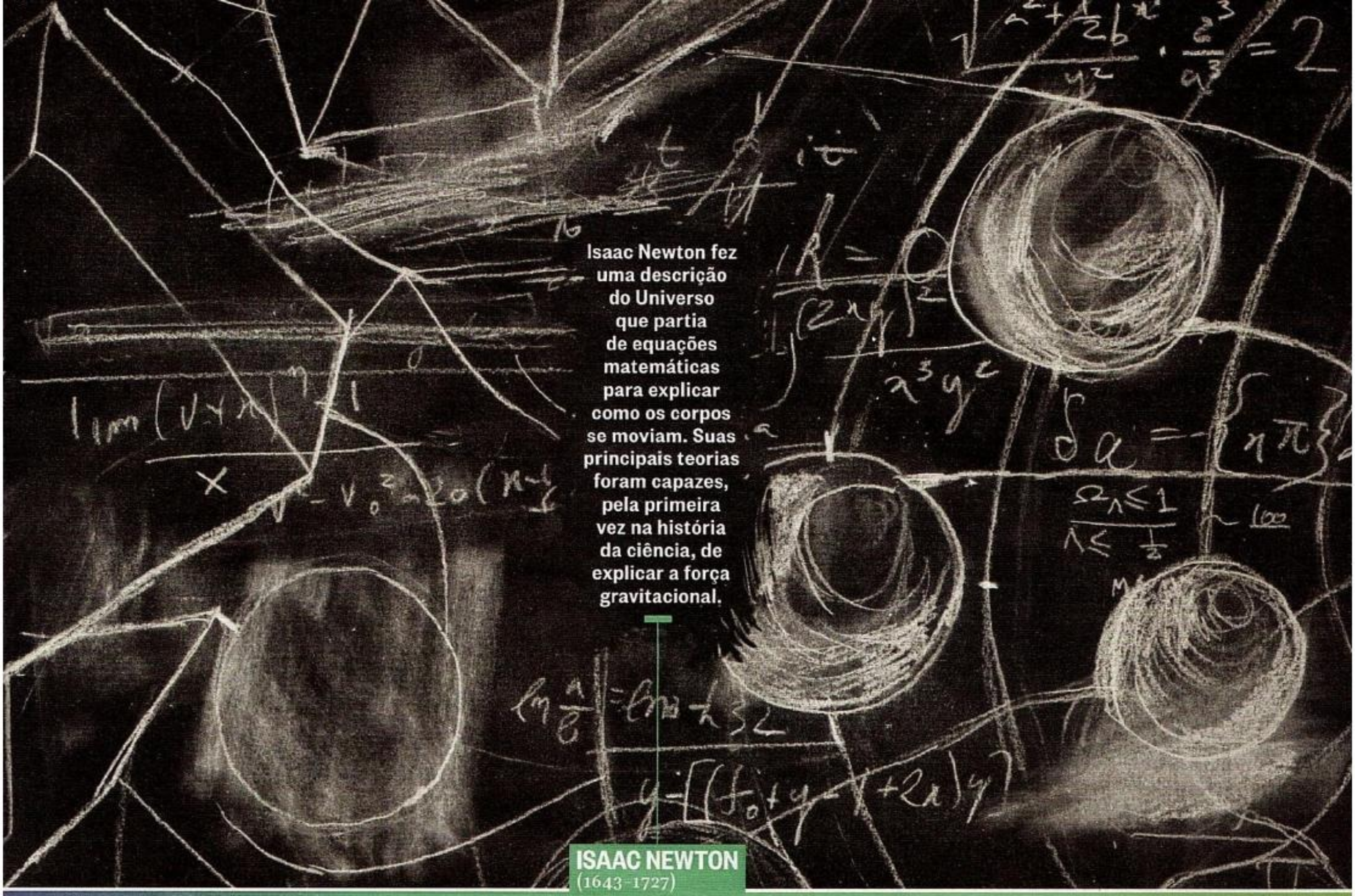
É preciso ir devagar. Primeiro, as

O SÉCULO DE EINSTEIN REVOLUCIONOU A FÍSICA. E TORNOU AINDA MAIS DIFÍCIL A BUSCA PELA TEORIA DE TUDO.

ideias pitagóricas tiveram profunda influência sobre o filósofo grego Platão, que viveu no século 4 a.C. É dele a concepção que norteia até hoje o pensamento humano: de que as ideias existem separadamente das coisas e de que é função do pensamento tentar pescar no mundo das ideias as explicações e teorias. Sobre essa noção foi construída uma visão de que a geometria e a matemática têm, por assim dizer, vida própria. Que são reais, independentemente da nossa capacidade de entendê-las. O modelo de Universo de Platão, descrito no diálogo *Timeu*, não falava em átomos ou partículas. Para ele, o mundo era resultado de formas geométricas perfeitas. Quatro deles – hexaedro, tetraedro, octaedro e icosaedro – seriam constituintes dos supostos quatro elementos: terra, fogo, ar e água.

O dodecaedro representava o quinto elemento, ou quintessência, por ser o único que não poderia ser gerado a partir de triângulos (o triângulo era uma espécie de partícula fundamental para Platão). O dodecaedro deveria, portanto, estar presente em tudo. Com a descoberta dos átomos, no século 19, o Universo de Platão rolou ribanceira abaixo. Entretanto, até hoje, toda e qualquer teoria que se proponha a explicar tudo deve a Platão a noção de que, no tal mundo das ideias, estão as explicações. Caberia a nós, meros mortais, buscá-las.

Mais de 2 mil anos depois das fantasias platônicas, o inglês Isaac Newton escreveu no monumental *Principia Mathematica*, base da física clássica: "Toda a diversidade das coisas criadas, cada uma em seu lugar e tempo, só poderia ter surgido das ideias e da vontade de um ser necessariamente existente". Mais que um simples eco de Platão, também podemos ler em Newton o desejo de ver o mundo por meio da geometria e dos números, como Pitágoras. O Universo newtoniano funcionava com base na atração entre os corpos, regida pela lei da gravitação. Era a gravidade que explicava todos os movimentos. Ao contrário das ideias dos gregos, suas teses foram



Isaac Newton fez uma descrição do Universo que partia de equações matemáticas para explicar como os corpos se moviam. Suas principais teorias foram capazes, pela primeira vez na história da ciência, de explicar a força gravitacional.

ISAAC NEWTON
(1643-1727)

verificadas experimentalmente. E, a partir daí, as estrelas e as esferas nunca mais foram as mesmas.

O poder das ideias newtonianas ao prever o movimento dos corpos celestes e, de quebra, dar nascimento à mecânica e à engenharia moderna foi tão grande que ficou célebre a constatação do físico britânico William Thomson, o Lord Kelvin, no final do século 19, de que nada mais havia a se descobrir na física, só restava fazer medições mais precisas. "As futuras verdades da física devem ser procuradas na sexta casa decimal", teria dito Kelvin. A tal teoria de tudo estava pronta, baseada nas ideias de Newton sobre o movimento e em algumas outras teorias de James Maxwell e do próprio Kelvin sobre a transmissão de calor, eletricidade e energia.

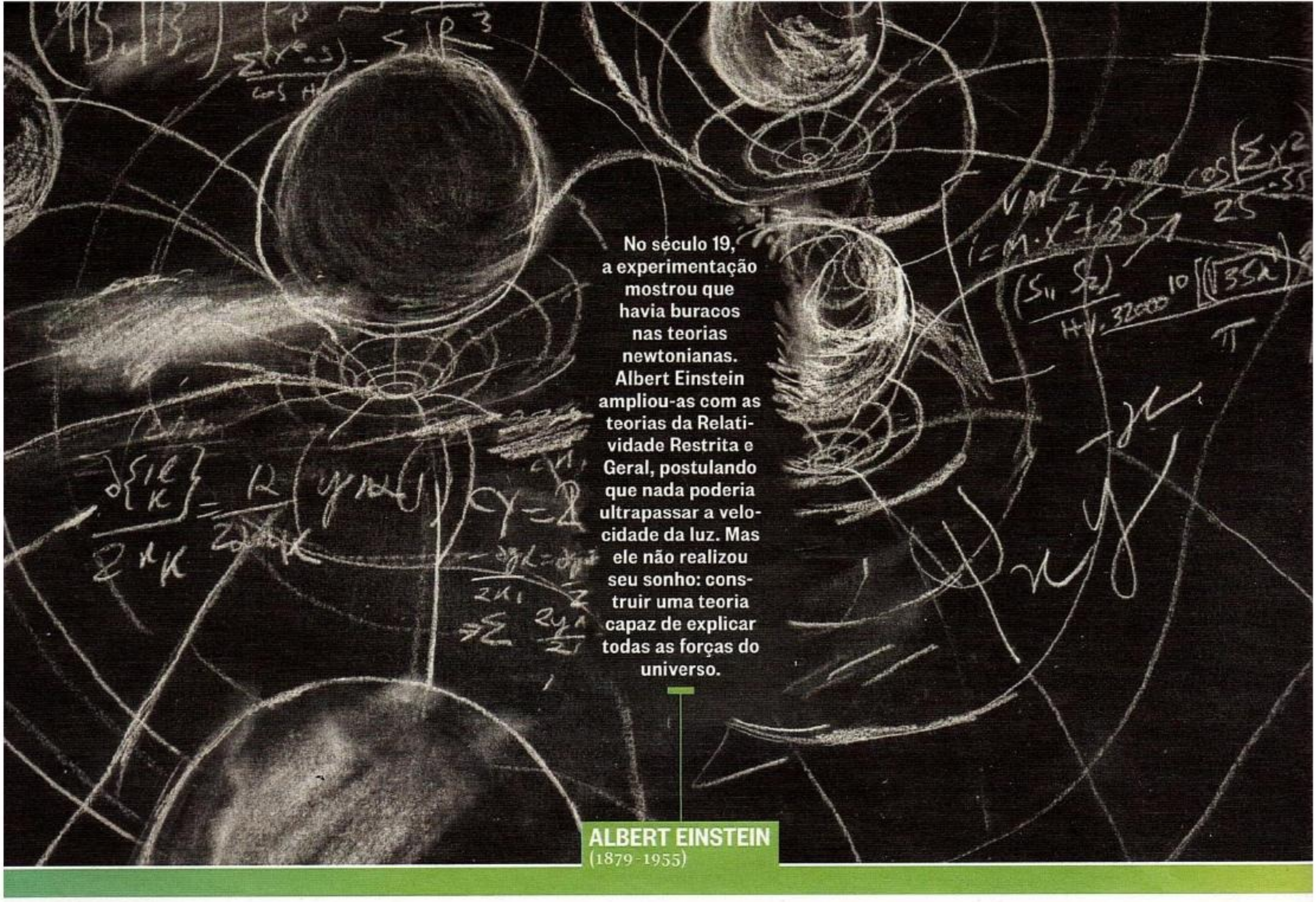
SÉCULO DAS REVOLUÇÕES

Kelvin, hoje sabemos, estava enganado. Não só havia muito mais a descobrir, como o século 20 virou de cabeça para baixo toda a física pensada nos 2.500 anos anteriores (dos gregos a Newton) e recolocou o sonho de uma teoria de tudo em pauta. As ambições de físicos, matemáticos e outros herdeiros dos ideais platônicos foram postas em xeque por uma série de dificuldades teóricas e contradições experimentais. Algumas delas foram resolvidas, outras permanecem abertas até hoje.

E o sucesso de teorias como a das cordas para resolvê-las não deve nos iludir: o tudo continua sendo coisa demais para caber numa fórmula e, talvez, possa ser econômica ou experimentalmente inviável verificar muitas das ideias hoje candidatas a teoria de tudo. As ideias que poderiam ser a última explicação para o princípio, o meio e o fim deste Universo – e também de outros.

No século 19, a primeira contradição observada nos princípios de Newton se referia à velocidade da luz. A mecânica newtoniana estabelecia que as velocidades de dois corpos em movimento em relação a um observador devem ser somadas. Se algo em movimento emite luz, então a velocidade da luz emitida deveria ser somada à velocidade do movimento em relação ao observador parado. Só que isso não correspondia às conclusões derivadas das teorias desenvolvidas para a eletricidade. Albert Einstein resolveu esse paradoxo por meio da Teoria da Relatividade Restrita, em que ele postulava que a velocidade da luz era constante e não poderia ser somada a outras velocidades. Nada poderia ser acelerado acima da velocidade da luz. Outro trabalho de Einstein confirmou a natureza corpuscular da luz, e as partículas que a constituíam foram chamadas de fótons.

E mais importante: ele modificou completamente as teorias sobre a gravitação. Einstein postulou que o Universo que todos conhecemos com três dimensões – em que todos os objetos têm »



No século 19, a experimentação mostrou que havia buracos nas teorias newtonianas. Albert Einstein ampliou-as com as teorias da Relatividade Restrita e Geral, postulando que nada poderia ultrapassar a velocidade da luz. Mas ele não realizou seu sonho: construir uma teoria capaz de explicar todas as forças do universo.

ALBERT EINSTEIN
(1879-1955)

» comprimento, largura e altura – é, na verdade, a manifestação concreta de um outro Universo, o real, em que existe uma quarta dimensão: o tempo. Nesse Universo de quatro dimensões, chamado espaço-tempo, toda matéria causa uma deformação, ou uma espécie de curvatura. A força gravitacional seria, de acordo com Einstein, a manifestação de todas as curvaturas geradas pela matéria.

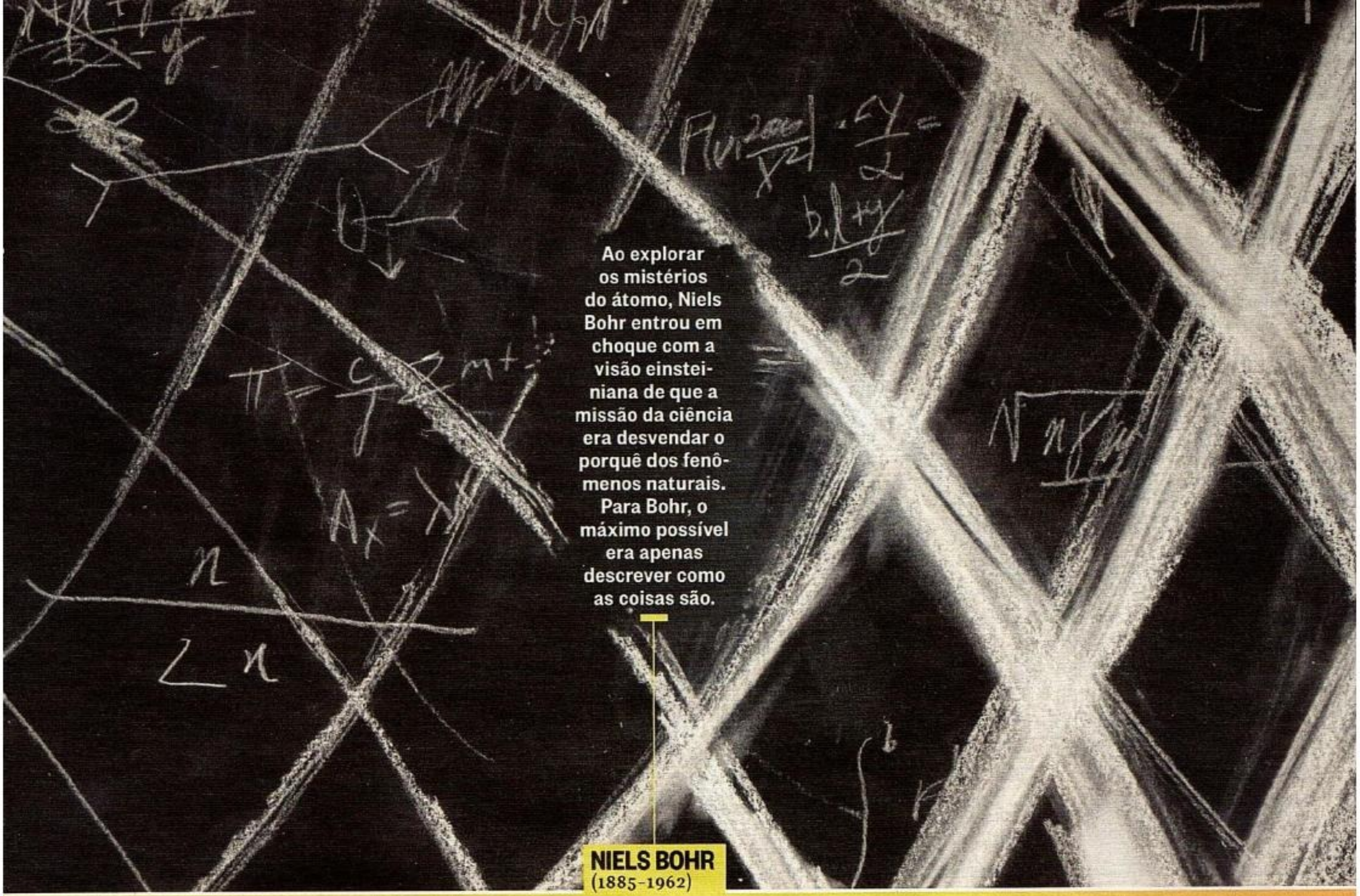
A atração entre os corpos seria uma propriedade geométrica do espaço-tempo: eles como que "escorregariam" um em direção ao outro por causa dessas curvaturas. Quando foi possível medir o desvio de um raio de luz no céu de um eclipse, supostamente causado pela curvatura do espaço-tempo gerada pela massa do Sol, Einstein se tornou uma celebridade mundial. A física de Newton não passava de um caso especial de uma teoria mais abrangente para explicar todas as coisas: a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein.

UNIVERSO QUÂNTICO

Mas o físico alemão não estava satisfeito. Havia uma série de outras contradições que suas teorias eram incapazes de resolver. As partículas minúsculas – como o fóton, a partícula de luz, ou o elétron, a partícula concebida para explicar a eletricidade e o magnetismo – eram dotadas de um comportamento bizarro.

Em 1803, Thomas Young havia demonstrado que, ao deixar luz atravessar duas minúsculas fendas e depois iluminar um filme fotográfico do outro lado, era possível verificar no filme um padrão de interferência entre os dois raios de luz. Para explicar isso, os físicos imaginavam que a luz era feita de ondas, que interferiam umas nas outras, assim como as ondas sonoras. No século 20, porém, foi realizado um outro experimento, em que se deixava apenas um fóton de luz atravessar cada fenda. Para surpresa de todos, ainda foi possível observar o padrão de interferência no filme. Isso significava que cada partícula de luz teria, ela própria, uma natureza ondulatória, capaz de interferir no movimento das outras.

Para explicar a natureza dessas partículas e como elas poderiam se mover e trocar energia, os físicos desenvolveram uma teoria chamada mecânica quântica. Ela tinha duas características peculiares. A primeira era postular que tais partículas seriam formadas por pacotes de energia pura, batizados de quanta. Assim, o fóton deixava de ser uma mera partícula de luz para se tornar o quanta das ondas de luz. A segunda característica diz respeito às equações desenvolvidas sobretudo por Niels Bohr, Werner Heisenberg e Paul Dirac. Por meio delas, a mecânica quântica descrevia o movimento de "ondas-partículas", como fótons e elétrons, e postulava que era impossível conhecer simultaneamente a posição e a velocidade desses objetos, devido à sua natureza ambivalente. A medição preci-



Ao explorar os mistérios do átomo, Niels Bohr entrou em choque com a visão einsteiniana de que a missão da ciência era desvendar o porquê dos fenômenos naturais. Para Bohr, o máximo possível era apenas descrever como as coisas são.

NIELS BOHR
(1885-1962)

sa de uma dessas quantidades implicava incerteza na medição da outra, que virava uma gama de probabilidades. Conhecido como princípio da incerteza, essa tese de Heisenberg revoltava físicos como o próprio Einstein.

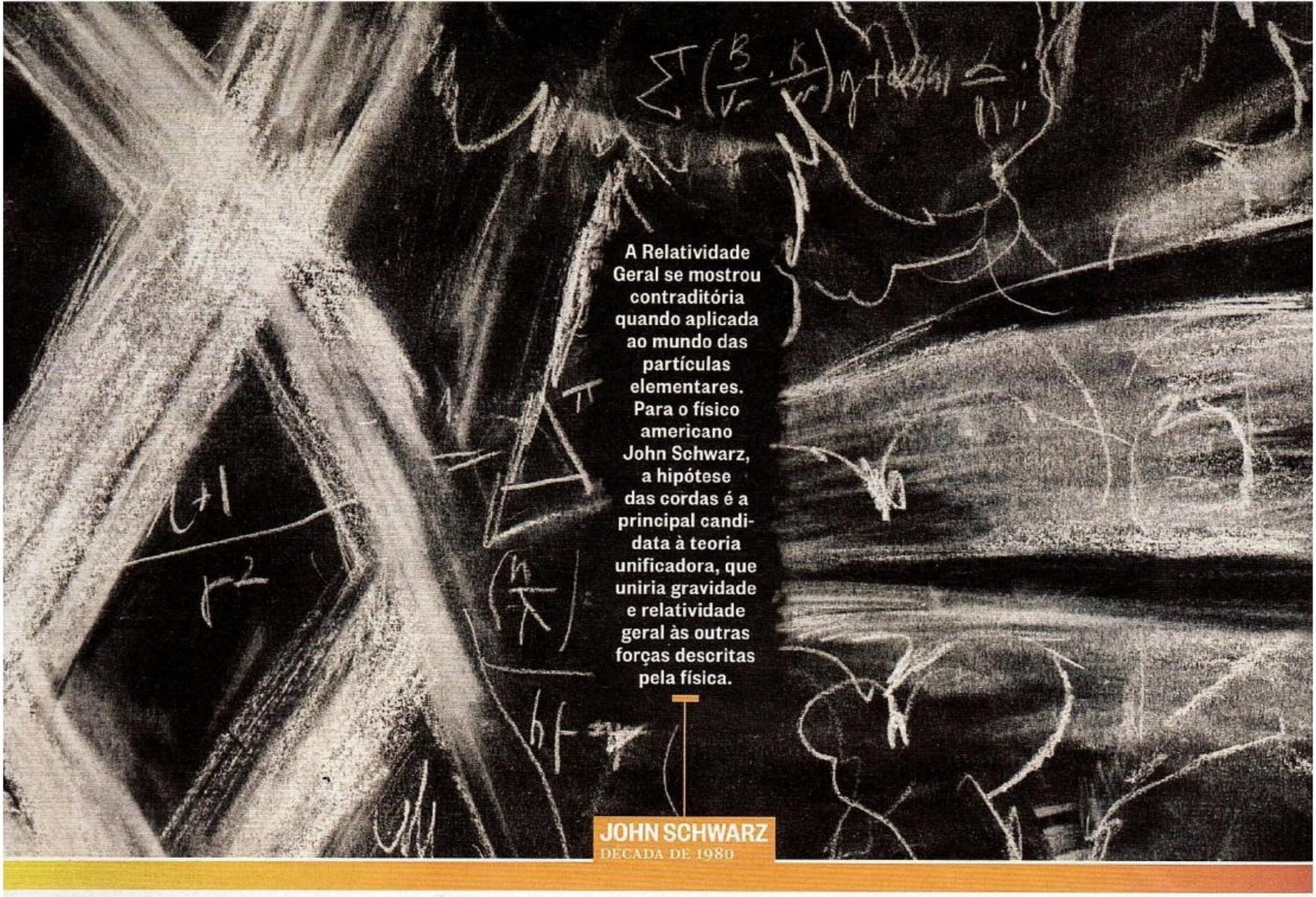
Seguiu-se um intenso debate entre Einstein e Bohr, talvez o maior da física do século 20. Um debate que teve consequências decisivas sobre a concepção de ciência derivada das ideias de Platão e sobre o possível alcance de uma teoria de tudo. Pela primeira vez desde Platão, havia um ingrediente novo. O mundo das ideias não dava conta de prever tudo, já que certos fenômenos quânticos eram imprevisíveis por natureza.

A simples existência de um observador alterava o resultado do experimento. O conhecimento sobre um dado da natureza poderia modificar a própria natureza. Era isso que Einstein não aceitava. Bohr e seus seguidores acreditavam que o presente só é capaz de nos dar conhecimento sobre diferentes futuros possíveis. Tudo o que podemos fazer é calcular probabilidades. Mais que isso, Bohr ainda afirmava que não é necessariamente verdade que todas as coisas tenham propriedades como velocidade, posição, tamanho ou massa com valores definidos em todos os momentos.

Einstein, com sua célebre frase "não acredito que Deus jogue dados com o Universo", era contrário às duas posições. Ele tinha uma postura ao mesmo tempo realista (tudo pode ser medido) e determinista (tudo pode ser previsto). Bohr era a um só tempo antideterminista e antirrealista. Para ele, tudo aquilo a que a ciência poderia almejar era o conhecimento das probabilidades de resultados experimentais. Para Einstein, era a compreensão dos segredos por trás do funcionamento da natureza, de por que as coisas eram de um jeito e não de outro. A questão de Bohr era apenas "o quê?"; a de Einstein, "por quê?". E Einstein perdeu. Ele queria descobrir uma teoria capaz de unificar as forças conhecidas até então, gravitação e eletromagnetismo. Mas morreu sem formular sua tão sonhada teoria do campo unificado. E, à medida que as teorias quânticas começaram a ser verificadas experimentalmente, a concepção determinista de Einstein foi posta em xeque.

COM APENAS TRÊS DAS QUATRO FORÇAS DA NATUREZA UNIFICADAS, A TEORIA DE TUDO SE MANTÉM UM SONHO.

A unificação das forças numa espécie de teoria de tudo não deixava, no »



A Relatividade Geral se mostrou contraditória quando aplicada ao mundo das partículas elementares. Para o físico americano John Schwarz, a hipótese das cordas é a principal candidata à teoria unificadora, que uniria gravidade e relatividade geral às outras forças descritas pela física.

JOHN SCHWARZ
DÉCADA DE 1980

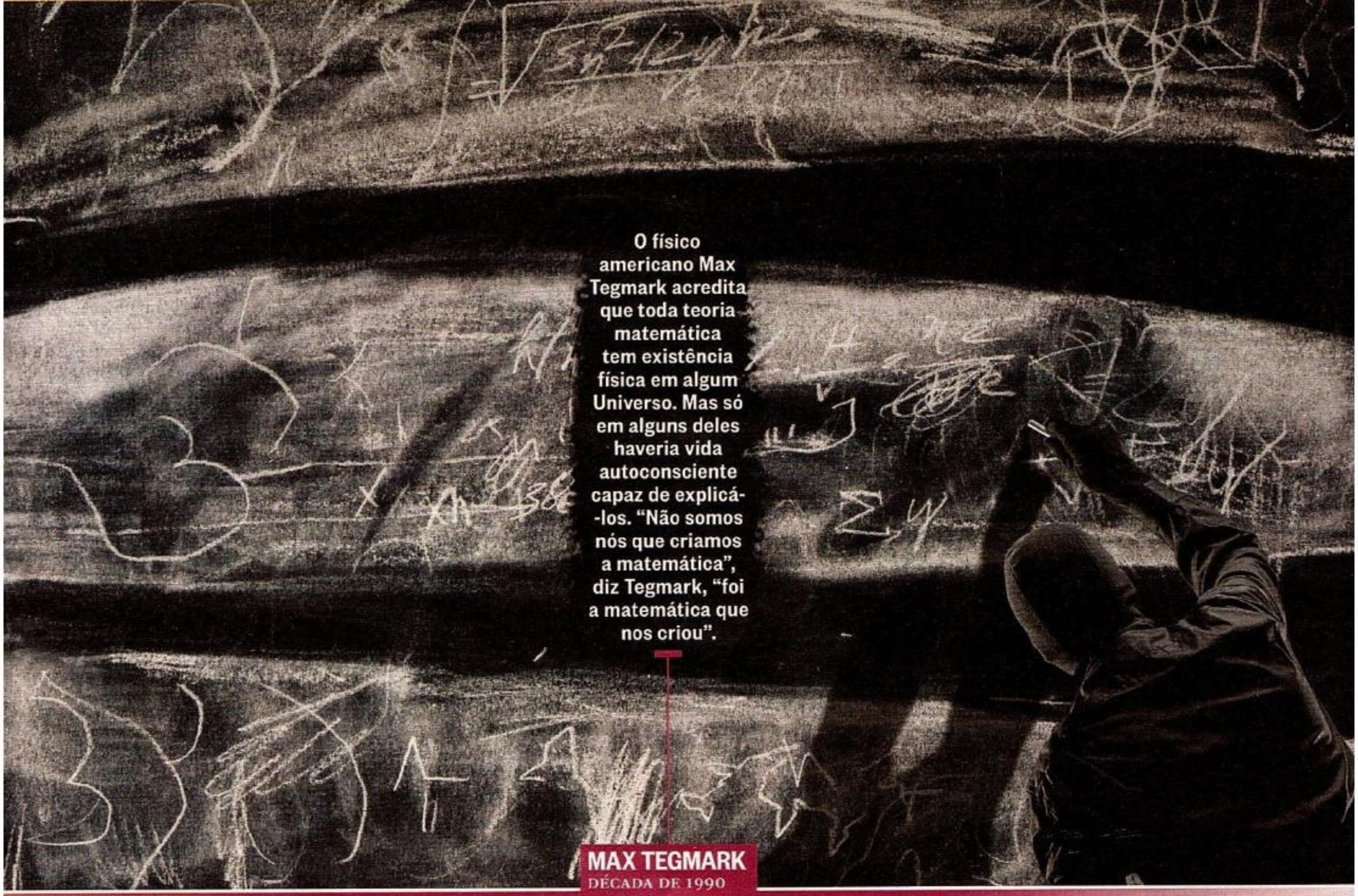
entanto, de ser um sonho da física. A interação das partículas, descobriram os físicos do século 20, se dava no Universo por meio não de duas, mas de quatro forças: a força nuclear forte (tão forte que é responsável pela energia solar), a força nuclear fraca (responsável pela radioatividade), a força eletromagnética (presente na eletricidade e nos ímãs) e a força gravitacional. Os físicos modernos já conseguiram, no ramo da física conhecido como Teoria Quântica de Campos, integrar as três primeiras forças teoricamente e mostrar que elas são resultado de uma única "superforça", que decidiram chamar de força eletrofraca.

Com base nas tais probabilidades de Bohr e Heisenberg e na unificação das três forças, os físicos também mapearam toda a fauna de partículas elementares (quarks, neutrinos, bósons), naquilo que ficou conhecido como Modelo Padrão. Todos os elementos previstos pelo modelo, inclusive o famoso bóson de Higgs, já foram verificados experimentalmente nas colisões realizadas dentro de aceleradores de partículas. Além disso, o Modelo Padrão e a teoria quântica de campos são perfeitamente compatíveis com a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, aquela que postula que nada pode ultrapassar a velocidade da luz.

Só falta integrar a isso tudo a força gravitacional, a Teoria da Relatividade Geral e a curvatura do espaço-tempo. Ou faltava. Nas últimas décadas, a Teoria das Cordas tem dado esperança aos físicos de que eles podem, finalmente, estar mais próximos de uma teoria de tudo.

NOVAS AMARRAS

Os pioneiros da Teoria das Cordas, John Schwarz, Michael Green e Yoichiro Nambu, imaginam que o Universo não seja um espaço-tempo de quatro dimensões, como o imaginado por Einstein. Para eles, vivemos em um mundo de 11 dimensões, em que minúsculas cordas, cujo comprimento é da ordem de um decilionésimo de centímetro (seriam necessárias um decilhão – ou 1 seguido de 33 zeros – de cordas para formar 1 centímetro), vibram nas 11 dimensões para formar todas as partículas do Modelo Padrão e tudo o que conhecemos. Nada muito diferente do que Pitágoras imaginava com sua música das esferas. O que eles conseguiram com isso foi alcançar a integração da força gravitacional à Teoria Quântica de Campos. Como? Além das quatro dimensões do espaço-tempo relativístico de Einstein, haveria outras sete, presentes no princípio do Universo, que teriam sido compactadas a uma escala minúscula. A vibração das cordas nessas sete dimensões seria responsável pela criação das partículas: uma corda vibrando de um jeito criava um fóton (a partícula responsável não só pela luz, como pelo eletromagnetismo). A mesma corda vibrando de outra forma faria nascer um gráviton, a partícula hipotética



O físico americano Max Tegmark acredita que toda teoria matemática tem existência física em algum Universo. Mas só em alguns deles haveria vida autoconsciente capaz de explicá-los. "Não somos nós que criamos a matemática", diz Tegmark, "foi a matemática que nos criou".

MAX TEGMARK
DÉCADA DE 1990

responsável pela força da gravidade - aquela que a Relatividade Geral explica.

Pronto. Estaria alcançada a teoria do campo unificado sonhada por Einstein - juntando gravidade e eletromagnetismo no mesmo arcabouço teórico *(veja mais na p. 49)*. A questão central é que, muito provavelmente, essa teoria não pode ser provada por meio de experiências nos aceleradores de partículas - mesmo o mastodôntico LHC não é capaz de produzir energia suficiente para detectar algo diminuto como as cordas. O que os físicos tentam, então, é projetar algum tipo de experimento que seja viável com os aceleradores de partículas para detectar pelo menos pistas de que as tais cordas existam.

E, se a Teoria das Cordas é uma legítima reedição dos ideais de Pitágoras e Einstein, numa formulação compatível com o conhecimento experimental do século 21, também não faltam concepções mais ousadas para uma teoria de tudo. A mais criativa foi elaborada pelo americano Max Tegmark. Ele na verdade radicalizou a visão platônica de que as ideias existem independentemente da nossa capacidade de conhecê-las. Para Tegmark, toda e qualquer formulação matemática existe fisicamente. Assim, o teorema de Pitágoras, por exemplo, corresponde a um Universo como o nosso, que existe de fato. Mas um Universo em que triângulos e retângulos brotassem da natureza. O único senão é que esse Universo talvez não tenha nenhum habitante com consciência, capaz de descrever seus fenômenos físicos. Dessa forma, se quisermos entender as leis do Universo, precisamos considerar a interferência de observadores nos fenômenos físicos e entender as próprias leis da vida desses observadores.

"As condições para a vida especificarão as equações que governam nosso Universo e nos dirão por que nenhuma outra lei é válida ou aplicável", diz Tegmark. Nosso Universo não passaria de uma caixinha dentro de todas as possíveis teorias matemáticas, mas uma caixinha que foi capaz de gerar estruturas autoconscientes (nós). Todas as demais caixinhas também corresponderiam a realidades físicas. Além de as ideias habitarem um mundo independente, como queria Platão, nós não passaríamos de fruto das ideias.

O quanto da nossa capacidade de entender e resumir tudo por meio do cérebro limita as possibilidades da nossa compreensão ou o quanto essa compreensão não passa de um reflexo de nossas próprias estruturas mentais é uma questão sem resposta. Não há uma explicação para o fenômeno da consciência, assim como ainda não há teoria capaz de explicar tudo o que há no Universo. Se os dois sonhos são no fundo um reflexo da mesma ilusão matemática, talvez ninguem saberá dizer.

TEORIA DA RELATIVIDADE

QUESTÃO DE TEMPO

TEXTO *Paul Davies* FOTO *Tomás Arthuzzi* DESIGN *Rafael Quick*

ENQUANTO O RELÓGIO DE NEWTON ERA ABSOLUTO E O TEMPO DE EINSTEIN MUDAVA AOS SABORES DO VENTO, HOJE NEM MESMO A PASSAGEM DO TEMPO É GARANTIDA PELA CIÊNCIA.

TODA A NOSSA experiência de vida baseia-se na suposição de que podemos dividir o tempo em passado, presente e futuro. E que ele passa sem parar, como um rio que converte o futuro em passado ao correr pelo presente, que não passa de um instante infinitesalmente curto. O problema é que Albert Einstein afirmou: "Para nós, físicos presunçosos, passado, presente e futuro são apenas ilusões". Que será que ele queria dizer com isso?

Ao pensarmos sobre o tempo, vemos três zonas. Segundo a crença geral, o passado é composto de eventos que já aconteceram e que não existem mais. O que resta deles são as imagens que guardamos em nossa memória. E nada pode modificar essas imagens. Da mesma forma, o futuro é feito de acontecimentos que não existem, ninguém tem condições de saber sobre ele. A fronteira entre o passado e o futuro é o presente, uma divisão móvel. À medida que o tempo avança, o futuro se converte em presente e, em seguida, quase imediatamente, em passado. Os acontecimentos atuais se distinguem dos futuros em um ponto: são reais. Por isso, o agora é o momento no qual podemos ter uma troca recíproca com o mundo.

Tudo isso é tão simples, quase banal. Mesmo assim, pode causar confusão. Por exemplo, quanto tempo dura o presente? Ele não marca uma linha rígida entre o passado e o futuro. Essa divisão é tênue, movida pela nossa consciência. Muitos eventos acontecem tão depressa que confundem nosso cérebro. Por exemplo, um filme no cinema é composto de uma sequência de imagens paradas. Mas porque são projetadas sucessivamente com grande velocidade, temos a impressão de movimento contínuo. Processos mais distantes da nossa realidade, como os fenômenos da física quântica, são tão rápidos, desafiando a nossa noção de tempo de tal forma, que escapam completamente da nossa capacidade de entendimento.

O TEMPO DA CIÊNCIA

Quem quiser separar o tempo em passado, presente e futuro encontrará dificuldades nas regras da física moderna, em que nada se parece com o conceito de agora. Tudo começa com Isaac Newton, que no século 17 escreveu sobre o tempo "absoluto, verdadeiro e matemático, que transcorre uniformemente". Ele tentou descartar a subjetividade ao fazer medições de forma precisa, usando relógios. Das fórmulas de Newton, nasce uma visão do tempo: se olharmos para o estado de um sistema físico fechado em um momento qualquer, também ficará fixada para sempre a totalidade dos estados futuros.

Em outras palavras: o estado de um sistema em um momento qualquer determina, de uma vez por todas, toda a sua história. Essa imagem newtoniana do mundo reduz o tempo a uma questão contábil. No Universo de Newton não pode ocorrer nada verdadeiramente novo, pois as informações necessárias para construir o futuro já existem no presente. O livro cósmico está totalmente escrito desde há muito e aquilo que denominamos tempo nada mais é que um meio de numerar suas páginas. Em suma: o futuro já está escrito, como num filme.

Naturalmente, a física não parou em Newton. Com a Teoria Especial da Relatividade, de Albert Einstein, o conhecimento dos físicos nessa área deu um salto gigantesco. Einstein relacionou o tempo muito estreitamente ao espaço e converteu ambos em fenômenos físicos, eliminando algumas das nossas opiniões intuitivas sobre o fenômeno. Por exemplo, antes de Einstein, uma pessoa poderia dizer que gostaria de saber o que estaria acontecendo *agora* em outra galáxia. E ninguém responderia que essa afirmação não faz sentido. O agora era um conceito vigente em toda parte. Parecia que o Universo todo tinha o mesmo presente.

A Teoria da Relatividade destruiu a base dessas convicções. Einstein ensinou que dois acontecimentos podem ocorrer simultaneamente para um observador, enquanto outro observador que se mova em relação ao primeiro perceberá os mesmos fatos um depois do outro, enquanto um terceiro poderá até ver os dois acontecimentos numa ordem inversa. Na vida diária, essas coisas não acontecem, porque as distâncias e as velocidades são muito pequenas para que se possa notar a relatividade. Mas ela existe e suas consequências são de grande alcance.

Depois de Einstein, não sobrou nenhum momento atual que seja válido no Universo inteiro. Nenhum agora que seja igual de um extremo do espaço ao outro. O conceito de presente virou uma questão pessoal, que só possui significado como ponto de referência para um observador, dependendo de seu movimento. Seguindo as leis da relatividade, acontecimentos em lugares muito distantes entre si podem estar no futuro para determinada pessoa e no »

» passado para outra. No "agora" de outra galáxia, que se move velozmente em relação à nossa, a Terra pode estar no ano de 2100. No de outra, em 3.000 a.C. Por isso, não faz sentido dividir passado, presente e futuro. A Teoria da Relatividade parece nos levar a uma imagem do Universo na qual o tempo, da mesma forma que o espaço, se encontra diante de nós em toda a sua dimensão. Por isso, Einstein dizia que passado, presente e futuro são apenas ilusões.

FLECHA DA HISTÓRIA

Apesar disso tudo, não há como duvidar de que os acontecimentos se posicionam numa ordem sucessiva e que essa ordem tem uma direção. Se não fosse assim, a ideia de causalidade, que determina que um fato acontece depois e como consequência de outro, não poderia existir. Por exemplo, quando se dispara um tiro contra um vaso de cerâmica e este se quebra em mil pedaços, não há dúvidas: o vaso ficou em pedaços depois de ter sido atingido pelo disparo. Visto a partir da causa, o efeito se encontra no futuro. Isso se comprovaria ao projetar-se de trás para a frente uma gravação desse episódio: teríamos a impressão de que o vaso voltou à sua forma original, algo que vai contra nossa ideia de causa e efeito.

O tempo, portanto, tem uma direção e esse fato impregna o Universo inteiro. Apesar disso parecer óbvio, há mais de um século cientistas discutem qual o motivo desse alinhamento. Físicos descrevem frequentemente a direção do tempo com a figura de uma seta que aponta para o futuro a partir do passado. Mas essa comparação pode produzir muita confusão. É legítimo falar de uma orientação do Universo no tempo, que assinala desde o passado até o futuro. O difícil é denominar com ela a direção do fluxo do tempo.

Essa diferença fica clara ao se pensar na agulha de uma bússola. Para a gente, ela assinala o Norte e o Sul. Mas isso acontece apenas porque esses conceitos foram convencionados por nós. O significado real daquela seta é: o campo magnético da Terra está orientado e existe uma assimetria entre os dois lados, ela também indica que a direção Sul-Norte não é a mesma que a Norte-Sul. Quando dizemos que uma seta mostra a direção do passado para o futuro, só estamos querendo indicar que existe uma assimetria no Universo. Ou seja, que a direção rumo ao passado é distinta da direção rumo ao futuro.

PRESENTE IMPERFEITO

Será que o presente existe de verdade como algo objetivo ou é apenas uma invenção da nossa cabeça? Há muito tempo os filósofos brigam por causa dessa questão. De um lado, estão os que defendem um presente real; são os teóricos A, cujo expoente foi o alemão Hans Reichenbach, da primeira metade do século 20. Seus oponentes são os teóricos B, entre os quais Alfred Ayer e Adolf Grünbaum. O grupo A utiliza os conceitos de passado, presente e futuro mais a rica variedade de tempos das línguas modernas – como o pretérito imperfeito, perfeito e mais-que-perfeito. O grupo B utiliza um sistema de datas, em que fatos são marcados segundo o momento em que ocorreram, depois apenas ordenados.

Diante dessas ideias, alguém poderia alegar: digam o que disserem os físicos, hoje minha xícara de café quebrou ao cair da mesa. Isso ocorreu às 16h e representa uma mudança para pior em relação à situação anterior a essa hora. Ora, dirá o teórico do grupo B, a mudança é apenas uma ilusão. Tudo o que você disse é que a xícara estava inteira às 15h59, que às 16h01 estava quebrada e que às 16h houve um momento de transição. Essa forma neutra de descrição, que utiliza o sistema de datas, contém a mesma informação, mas não afirma que o tempo tenha passado.

O teórico A, por sua vez, responderia que só se pode compreender o movimento do relógio usando algo como o tempo como ponto de referência. Se a ideia de tempo não existisse, o andar dos ponteiros precisaria estar ligado a outra coisa, como o movimento da Terra. Mas também esse movimento precisaria se relacionar com alguma outra coisa. E assim por diante, numa série de relações que pareceria infinita.

O que haveria no final dessa cadeia? O último relógio seria o próprio Universo. Ao dilatar-se cada vez mais, o Universo fixa um tempo cósmico. E, segundo físicos que estudam esse movimento de expansão com a ajuda da física quântica, o tempo cósmico estaria totalmente fora das fórmulas. Resultado: qualquer variação só pode ser medida por meio de correlações, ou relações de mudança.

De toda forma, continuamos a sentir que o tempo passa. Einstein, como vimos, denominou esse sentimento de ilusão. Há exemplos claros de ilusões de movimento. Quando giramos depressa ao redor de nós mesmos e paramos de repente, temos a impressão de que tudo à nossa volta continua girando. Na realidade tudo está parado. Será que a sensação de que o tempo passa é uma ilusão semelhante a essa?

Para a física quântica, a natureza, no nível atômico, é indeterminada. Ou seja, não é possível predizer qualquer acontecimento partindo dos fatores do presente. Se um observador realizar medições num átomo, com esse próprio ato, ele modificará o que desejava medir. Ou seja, o possível se converte em real por meio da mera observação. Isso pode ter algo a ver com o chamado fluxo do tempo. Aqui, é claro, estamos no território das especulações. E a verdadeira natureza do tempo continua sendo um enigma. Se algum dia vamos decifrá-lo, só o tempo dirá.

Produção Ina Ramos

TUDO O QUE SABEMOS SOBRE O TEMPO É QUE A DIREÇÃO RUMO AO PASSADO É DISTINTA DA DIREÇÃO RUMO AO FUTURO - UM VASO QUEBRADO NO PRESENTE NUNCA IRÁ SE DESQUEBRAR NO FUTURO.

INFLAÇÃO CÓSMICA

NOSSO UNIVERSO ESTÁ

AQUI

TEXTO *Flávio Dieguez* **FOTO** *Tomás Arthuzzi* **DESIGN** *Rafael Quick*

TALVEZ NÃO EXISTA APENAS UM COSMOS, MAS MUITOS OUTROS. TODOS IRMÃOS DO NOSSO E TAMBÉM CRIADOS PELO BIG BANG. ENTENDA ESSA TEORIA.

O fim do mundo existe, sim. Para os cosmologistas, em algum lugar do espaço há uma linha que delimita, claramente, a fronteira entre o nosso Universo e muitos outros mundos cósmicos. Entre esses mundos, um viajante veria um oceano desconhecido, cheio de uma substância hipotética, batizada de falso vácuo.

Verdade seja dita, ninguém sabe ainda como atravessar esse deserto para chegar aos cosmos estrangeiros. "Mesmo assim, estamos convencidos de que eles estão lá", diz o astrofísico Craig Hogan, da Universidade de Chicago. "Podemos ver indícios indiretos deles no brilho do Big Bang."

O indício, explica Hogan, é que a radiação cósmica de fundo do nosso Universo seria perfeita demais *(entenda na p. 26)*. Ela chega à Terra de todos os lados na forma de ondas infravermelhas e exatamente com a mesma intensidade. Na prática, são como um eco do Big Bang na forma de energia. "Mas como explicar isso?", pergunta Hogan. "O Big Bang deve ter tido irregularidades, com algumas partes mais densas e outras mais rarefeitas em energia."

A solução, proposta em 1979 pelo matemático americano Alan Guth, do MIT, foi supor que o cosmos brotou de um único ponto da explosão — uma área tão pequena que quase não continha variações de densidade. Assim se justificaria o fulgor sem defeitos que emanou daí. Mas, então, se de um ponto do Big Bang saiu um Universo, de outros pontos devem ter surgido diversos Universos semelhantes ao nosso. Já pensou?

Essa ideia, conhecida como Teoria da Inflação Cósmica, tenta explicar a rápida expansão que ocorreu nos primeiros instantes depois do Big Bang.

Na concepção de Guth, o espaço no princípio continha apenas um material exótico, que pertence ao reino da física quântica: o falso vácuo. Ele teria duas propriedades essenciais. A primeira é que seria dotado de antigravidade, com a qual teria aumentado o tamanho do Universo de maneira fenomenal (a tal inflação cósmica). A segunda característica é que a substância, ao ficar mais rarefeita após o crescimento, teria se transformado em partículas componentes do átomo, como elétrons e quarks.

A teoria mostra que, dentro do oceano de falso vácuo, essas partículas brotaram em bolhas contendo, cada uma delas, zilhões de quarks e elétrons. Em segui-

SE NOSSO
COSMOS
É APENAS
UM ENTRE
MILHÕES,
O FALSO
VÁCUO
FUNCIONA
COMO ESSA
CAIXA DE
MADEIRA,
SEPARANDO
OS DIFE-
RENTES
UNIVERSOS.

NUM PISCAR DE OLHOS

Da grande explosão aos vários Universos, entenda a Teoria da Inflação Cósmica.

1 **No momento do Big Bang, o Universo passou por um crescimento enorme, que durou menos de 1 trilionésimo de segundo. Depois, entrou numa fase em que toda matéria e energia tinham uma forma batizada de falso vácuo. Essa substância, dotada de antigravidade, acelerou o impulso da explosão inicial.**

2 **Espalhado, o falso vácuo passou a ficar rarefeito, possibilitando o nascimento de partículas, como os quarks e os elétrons. Esses elementos formaram bolhas dentro do oceano de falso vácuo.**

3 **Formadas apenas 1 segundo depois do Big Bang, cada uma dessas bolhas cresceu até virar um Universo inteiro. Dentro de todos esses cosmos, inclusive no nosso, começaram a surgir estrelas e galáxias. E hoje o nosso cosmos inteiro seria só um grão de areia na praia do multiverso.**

da, cada bolha cresceu para virar um Universo inteiro. O nosso é um deles: um Universo dentro de um multiverso.

Guth e seus colegas avaliam que os Universos estão se afastando a nada menos que a velocidade da luz. Como as leis da física proíbem ir mais depressa que isso, a viagem rumo a outros cosmos seria inviável.

FÁBRICA DE BIG BANG

Se não dá para viajar até eles, uma alternativa é construir um cosmos no braço mesmo. De acordo com Guth, é possível fabricar um Universo em miniatura no laboratório. É claro que ainda está por ser inventada uma tecnologia capaz de realizar tal proeza. Mas a investigação pode dar aos teóricos uma ideia mais precisa sobre o falso vácuo — a forma que tinham a matéria e a energia no momento do Big Bang.

Numa tentativa de reproduzir o momento da criação, é necessário levar em conta uma propriedade crucial dessa substância — a de que ela existe apenas sob altíssima compressão, como a que dominava o cosmos no início dos tempos. Num ambiente menos apertado, ele se transforma em matéria comum. Então, o primeiro passo para se criar um Universo consiste em concentrar grande quantidade de energia num ponto bem pequeno. Jogando um feixe de laser superpoderoso contra outro, se poderia criar uma pressão bem alta.

Dessa forma, a própria luz viraria falso vácuo. Nesse estágio, ele estaria confinado a um volume muito pequeno, menor que o de um núcleo atômico. Tão

O FIM DO MUNDO EXISTE EM ALGUM LUGAR DO COSMOS. UMA FRONTEIRA ENTRE O NOSSO UNIVERSO E O COMEÇO DE VÁRIOS OUTROS.

apertado que bastaria desligar o laser para que o falso vácuo começasse a se expandir num ritmo alucinante. Foi o que aconteceu durante o Big Bang. Com a diferença de que, na explosão original, a substância exótica pôde crescer à vontade já que não havia nada à sua volta. No laboratório, a matéria comum e até o vazio — o vácuo de verdade — funcionam como forças contrárias à expansão.

"Depois de crescer um pouco, o Universo de bolso desabaria sobre si mesmo", diz Guth, que fez as contas para verificar a viabilidade da experiência. Ele explica que o resultado seria um buraco negro bem pequeno e perigoso, pois, diferentemente dos grandes, os microastros escuros tendem a explodir como uma bomba atômica. "Quem tentasse a experiência provavelmente morreria", brinca o matemático.

Produção Ina Ramos

TEORIA DAS CORDAS

SEGUNDAS DIMENSÕES

NÃO É FICÇÃO: TALVEZ O MUNDO TENHA MESMO OUTRAS DIMENSÕES OCULTAS, QUE PODEM ESCONDER UMA GRANDE SURPRESA.

B

TEXTO *Salvador Nogueira e Alexandre Versignassi* FOTO *Tomás Arthuzzi* DESIGN *Rafael Quick*

É a clássica história de terror: um monstro salta de outra dimensão para sequestrar a pobre menininha. Quantas vezes esse enredo não foi reciclado na literatura e na TV? Ninguém pode negar que a premissa parece fantástica demais. Mas, segundo muitos físicos, talvez seja tudo verdade – talvez existam mesmo outras dimensões, com Universos inteiros escondidos dentro delas. Parece loucura? Os cientistas são os primeiros a admitir que sim. Isso porque, segundo eles, estamos falando de uma física do futuro, que foi deduzida "por acidente" no século 20.

A história começa com – adivinhe – Albert Einstein. O físico alemão tentava bolar uma teoria que explicasse a força eletromagnética e a gravidade numa tacada só. Einstein queria unificar o reino da física quântica, onde moram as explicações para o eletromagnetismo, e o da relatividade geral, que mostra como a gravitação funciona. Mas as duas teimavam (e ainda teimam) em mostrar que não têm nada a ver uma com a outra. A ideia de juntá-las numa única teoria, num único cenário, parecia impossível. E toda a comunidade científica dizia que Einstein estava perdendo tempo...

Toda? Não. Theodor Kaluza, um outro físico alemão, socorreu Albert com uma teoria estranha. Em 1919 mandou-lhe algumas folhas cheias de contas. Eram equações mostrando que dava, sim, para explicar que o eletromagnetismo e a gravidade eram faces diferentes da mesma moeda. Mas com uma condição: apenas se essas forças existissem num Universo com quatro dimensões de espaço, em vez de três. Mas espera aí: como assim quatro dimensões? Bom, viver num espaço 3D, que nem este aqui à sua volta, significa ter como se mover em três direções independentes: direita/esquerda, para cima/para baixo e para a frente/para trás. Qualquer movimento que você fizer será nada mais do que uma combinação entre essas direções.

Mais: as pessoas geralmente precisam de três informações para achar alguém num espaço tridimensional. Na hora de marcar um encontro, por exemplo, você pode dizer que estará na rua tal (dimensão direita/esquerda), número tal (dimensão para a frente/para trás), andar tal (para cima/para baixo). E ainda precisa dar uma quarta dica para não levar bolo: o horário do encontro. Pronto: com três dimensões de espaço e uma de tempo qualquer um acha você. Mas num espaço 4D não. Ele vem com uma direção a mais, e que não é nenhuma das que a gente conhece. Duro de imaginar. Mas não impossível.

Se desse para andar numa dimensão extra, poderíamos chegar a qualquer ponto do nosso mundo 3D por atalhos inusitados. É como se a quarta dimensão tivesse o poder de retorcer o nosso espaço: ela criaria ligações impossíveis entre pontos distantes. Paris, Plutão ou a galáxia de Andrômeda poderiam estar a um passo daqui. Como? Um pouco de exercício mental ajuda a visualizar isso. Imagine um livro que tenha páginas bidimensionais, com largura e comprimento, mas sem espessura nenhuma. Um livro assim poderia conter um número infinito de páginas e continuar fininho. Do mesmo jeito, uma caixa de fósforos com quatro dimensões poderia abrigar uma quantidade infinita de objetos 3D, como o seu corpo e a galáxia de Andrômeda. Pois é: uma quarta dimensão abre mais espaço entre o céu e a terra do que sonha a nossa vã filosofia.

E também do que sonhava a matemática. Kaluza inventou sua dimensão extra porque isso lhe permitiria bolar equações extras para unificar as forças. Na física, novas fórmulas brotam naturalmente quando um cientista imagina uma nova realidade. "Assim ele descobriu algo extraordinário: essas novas equações que surgiam para explicar a gravidade num mundo de quatro dimensões eram nada menos que as fórmulas criadas para descrever o eletromagnetismo", escreveu o físico americano Brian Greene, professor da Universidade Columbia, em seu livro *O Tecido do Cosmos*. Quer dizer: num mundo 4D, pelo menos em teoria, até duas forças que parecem não ter nada a ver uma com a outra podem se transformar na mesma coisa.

Mas a ideia de uma dimensão que está aqui, bem na nossa cara, e mesmo assim continua invisível não agradava aos cientistas. Então um físico sueco chamado Oskar Klein resolveu dar um jeito na situação. E, em 1926, sugeriu que não dava para ver essa outra »

nosso Universo
Universo 2
Universo 1
Via Láctea
A distância entre as duas galáxias é de 2,5 milhões de anos-luz. Mas quando o espaço-tempo é "dobrado", tende a chegar a zero.
Galáxia de Andrómeda
ATALHO DIMENSIONAL
Se fosse possível andar numa dimensão extra, poderíamos chegar a qualquer ponto por atalhos inusitados. É como se a quarta dimensão tivesse o poder de retorcer o nosso espaço e criar ligações impossíveis entre lugares distantes.

» dimensão por um motivo simples: ela estaria escondida no mundo ultramicroscópico, enrolada em si mesma, como se fosse um canudinho.

Assim: se você olha um canudo de longe, ele parece fino a ponto de ocupar só uma dimensão de espaço (esquerda/direita), como se não tivesse espessura. Agora imagine uma formiguinha andando ali em cima. Do ponto de vista dela, há mais direções para se mexer do que de um lado para o outro. O bicho, afinal, é pequeno o bastante para andar também pela circunferência do canudo. Mas, para quem olha de longe, é como se a formiga caminhasse por uma dimensão invisível. Com a quarta dimensão seria a mesma coisa. Só que ela existiria num espaço realmente pequeno, com raio de 10^{-33} centímetro, ou 1 milionésimo de bilionésimo de bilionésimo de bilionésimo de centímetro. Tentar vê-la seria como medir a espessura de um canudo na superfície da Lua – sem telescópio. Mesmo assim, foi essa versão que pegou. E a teoria virou uma favorita de Einstein em seus últimos anos de vida. Com a morte do físico, em 1955, foi-se quase todo o interesse pela ideia. Só que o mundo real estava prestes a ficar bem mais complexo.

AS PARTÍCULAS SERIAM A FORMA COMO NOSSOS SENTIDOS PERCEBEM A SINFONIA DAS CORDAS.

OS NOVOS ÁTOMOS

Enquanto Einstein se debatia buscando a unificação das forças, cientistas mais jovens cavucavam o terreno pedregoso da física quântica, que descreve o mundo infinitesimal dos átomos. E acabaram descobrindo outras além da gravidade e do eletromagnetismo. A mais importante é a força nuclear forte, a supercola que mantém as partículas do núcleo atômico unidas. Além disso, ainda descobriram várias partículas novas e misteriosas. Com tanto trabalho pela frente depois desses achados, ninguém mais queria saber dessa história de dimensões extras, de unificar forças...

Só que um grupo de cientistas chegou, remou contra a maré e, no começo dos anos 70, acabou dando vida nova ao sonho do alemão. Esse pessoal, liderado por jovens físicos como os americanos Leonard Susskind e John Schwarz, resolveu que o melhor jeito de unificar a física quântica e a relatividade era ver se todas as forças poderiam ter uma natureza comum. Checar se todas vinham de um mesmo "ancestral". Para entender isso direito, vamos dar uma pausa.

A essa altura, a física quântica já tinha descrito os componentes fundamentais de quase tudo. Viu que boa parte da matéria conhecida é feita de apenas dois componentes: os quarks, que compõem o núcleo atômico, e os elétrons, que orbitam em volta deles. Mostrou também que as forças, como o eletromagnetismo, são feitas de partículas, que funcionam como "átomos" de energia. As da nuclear forte, por exemplo, receberam o nome de glúons. As do eletromagnetismo, fótons. E a gravidade ficaria a cargo dos grávitons. Isso é praticamente tudo o que existe no Universo. Essas cinco coisas formam dos seus dentes à luz do Sol, das ondas da telefonia celular aos celulares propriamente ditos.

Mas e aí? Essas partículas elementares são feitas, elas mesmas, de alguma coisa? De onde vieram as danadas? Nem queira perguntar isso a um físico quântico. Ele vai dizer que elas são o que são. E pronto. Mas aquele povo que tentava retomar as ideias de Einstein apareceu com uma resposta menos broxante: do mesmo jeito que seu corpo, um parafuso ou uma estrela são feitos de quarks e elétrons idênticos, as partículas fundamentais também teriam "miniátomos" dentro delas.

E concluíram: tanto as forças da natureza como a própria matéria, ou seja, tudo seria feito de pequenas cordas vibrantes. Pequenas mesmo: mil quintilhões de vezes menor que um núcleo atômico. Quer dizer: se você esticasse o centro de um átomo até o diâmetro do Sistema Solar, essa corda apareceria com o tamanho de uma árvore. Para ver uma coisa tão diminuta, você precisa de um "microscópio" bem grande: um acelerador de partículas do tamanho da Via Láctea. Má notícia.

Só que isso não desmotivou os defensores da ideia. E a teoria ficou cada vez mais popular, inclusive entre os leigos. Muito disso por uma razão especial: as cordas trazem de volta para a ciência a magia das dimensões extras de Kaluza e Klein. Hora de mergulhar nesse mundão de novo.

DIMENSÕES ESCONDIDAS

Para começar a viagem, esqueça os quarks, fótons, glúons... Lembre-se de que, segundo a teoria de Susskind, Schwarz e cia., as partículas que formam o coração de toda a matéria e energia do Universo não existem. Ponto. Se desse para olhar bem no fundo, você veria que cada uma delas é feita de uma única cordinha que sacode sem parar. Mas de jeitos diferentes. Se uma corda vibra num "tom" específico, ela aparece aos nossos olhos como um quark. Se toca em outra toada, surge com a forma de um elétron. Mais outra e temos um gráviton. As partículas fundamentais, enfim, seriam apenas a forma como nossos sentidos percebem a sinfonia das cordas, os »

nosso Universo

Universo 2

gráviton

Universo 1

gráviton

gráviton

NÃO É FRACO NÃO

A gravidade surge no nosso Universo como a mais suave das forças da natureza. Mas, segundo a Teoria das Cordas, ela seria tão poderosa quanto o eletromagnetismo e as forças nucleares. A aparência de fraqueza surge porque o gráviton, a suposta partícula da gravidade, se espalharia por vários Universos. Assim, sua força acabaria diluída.

verdadeiros átomos do Universo.

E essa música não poderia existir sem a ideia das dimensões extras. Por um motivo simples. Imagine uma corda de violão esticada em cima de uma mesa. Só daria para ela vibrar em duas dimensões (esquerda/direta, para a frente/para trás), certo? Então o som não ficaria lá essas coisas. Mas aí, se você tira a corda da mesa para que ela vibre livremente em três dimensões, o timbre melhora. Mas e se desse para liberar mais do que três dimensões para essa corda? Ela faria sons cada vez mais complexos. E físicos concluíram que essas cordas ultramicroscópicas precisariam de muito, muito mais dimensões para sacudir. Só assim elas vibrariam com energia suficiente para fazer partículas surgirem do nada.

Os cálculos mostraram que só daria para obter esse efeito se houvesse nove dimensões de espaço. Mas onde ficariam as outras seis? A resposta está em Klein: elas só poderiam estar enroladas num espaço ínfimo. Formariam um novelo de "canudinhos" com 10^{-33} centímetro de extensão, coisa que os físicos batizaram como espaço de Calabi-Yau. Cada corda, então, moraria dentro de um "cubículo" hexadimensional. E assim poderia tocar sua música à vontade num mundo 9D. Agora segura aí. A viagem mal começou.

ZILHÕES DE UNIVERSOS

Mais uma dimensão. E desta vez uma muito grande, capaz de embrulhar todas as outras. Foi isso que o físico americano Edward Witten sugeriu para a Teoria das Cordas em 1995. Parece pouco, mas se trata de uma das maiores inovações da física desde Einstein. Nascia a evolução da ideia das cordas: a Teoria M (o americano nunca revelou o significado do M).

Essa décima dimensão de espaço que Witten propôs serviria como uma espécie de "pele" protetora para as outras. Segundo os cálculos do americano, essa membrana (ou brana, como preferem os físicos) seria nada menos que as paredes do Universo. Isso mesmo: as paredes.

Dentro delas existiriam três dimensões estendidas até o limite do cosmos – estas aqui bem na nossa cara e que chamamos de mundo – mais as seis microscópicas do espaço de Calabi-Yau, mais a do tempo. Nada demais. O salto é que a ideia de Witten abre portas para algo estarrecedor: tudo aquilo que conhecemos como Universo seria apenas um terreninho perdido na imensidão de outra coisa – um lugar cheio de universos "embrulhados" em suas branas. Tudo formando uma estrutura descomunal: o multiverso.

Mas esse desvario de Witten muda alguma coisa para a física? Muda, sim. Um multiverso cheio de branas pode explicar um dos grandes mistérios da ciência: a fraqueza da gravidade.

AS CORDAS EXISTEM ENROLADAS NUM ESPAÇO ÍNFIMO E PRECISAM DE OUTRAS DIMENSÕES PARA VIBRAR.

Quando você leva um tombo, ela não parece nada fraca. Mas, se comparada com as outras forças, a gravidade vira nada. Por exemplo: basta um ímã para levantar um clipe de papel do chão. E não importa que a gravidade do planeta inteiro tente puxá-lo para baixo. O eletromagnetismo, afinal, é nada menos que mil bilhões de bilhões de bilhões de bilhões de vezes mais forte que ela (ou o número 1 seguido de 39 zeros).

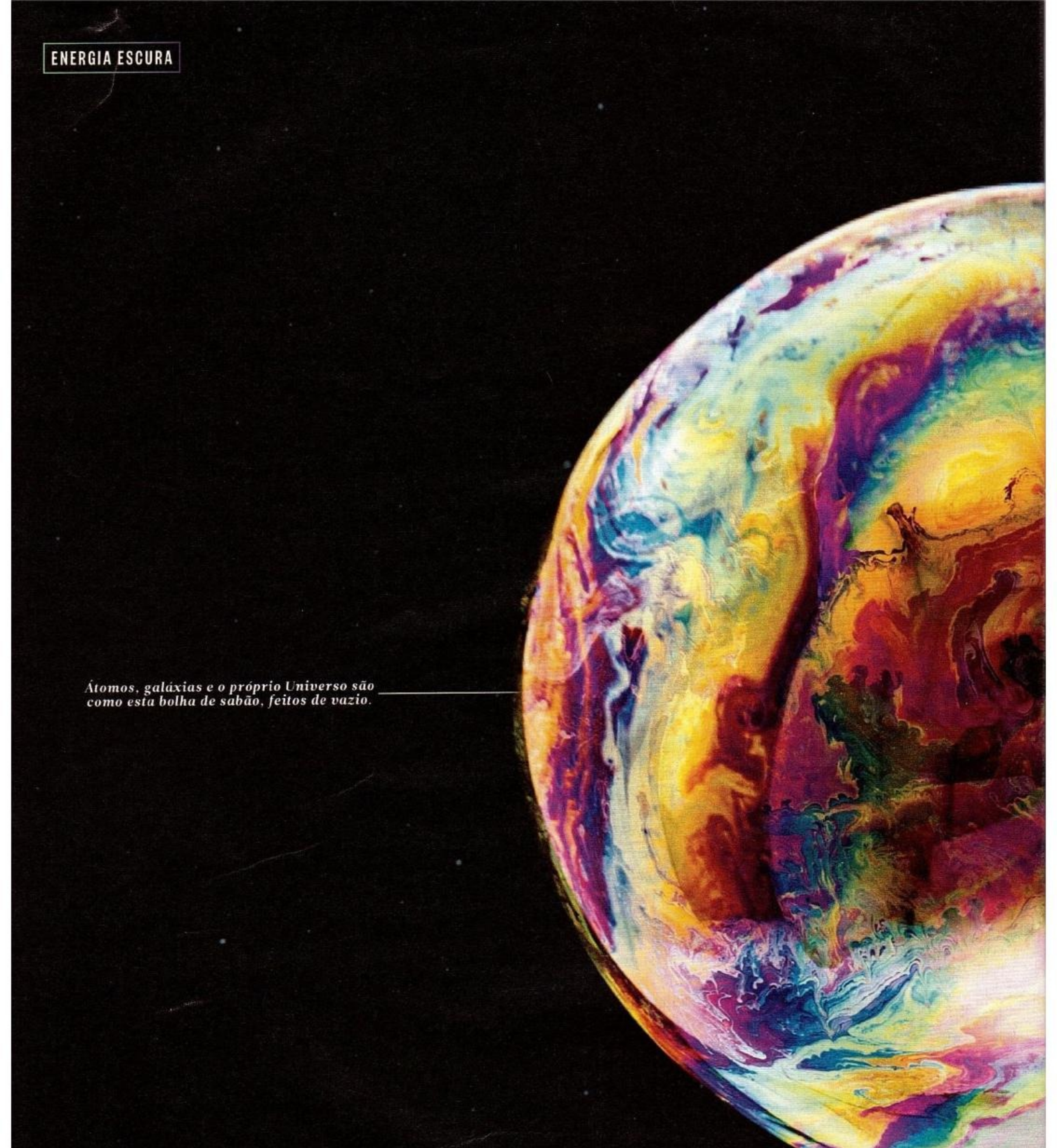
Mas a ideia do multiverso fez com que muitos físicos concluíssem que não, a gravidade é tão poderosa quanto as outras forças. Só que estaria diluída entre zilhões de Universos. Por quê? Bom, você, os fótons e tudo o mais estariam confinados na nossa brana para sempre. Mas a gravidade não. Ela seria a única coisa com o poder de atravessar as branas, de viajar pelo multiverso. Cientistas acreditam que os grávitons, os "átomos" dessa força, vazam para outros cosmos. Desse jeito, a gravidade parece menos intensa que o eletromagnetismo. Mas não é.

E não fica nisso. Paul Steinhardt, da Universidade Princeton, sugere que o Big Bang, a explosão que deu origem ao nosso Universo, só aconteceu porque a nossa brana esbarrou com outra numa colisão titânica. Nós só estaríamos aqui por causa desse pequeno incidente no multiverso.

E Savas Dimopoulos, da Universidade Stanford, vai mais longe: defende que um dia poderemos telefonar para os eventuais alienígenas de outras branas. Precisaríamos de um celular intercósmico. Nossos telefones móveis se comunicam trocando fótons, por isso bastaria criar "celulares" que usem grávitons, a fonte das ondas gravitacionais. O problema é que as ondas gravitacionais são difíceis de achar. Astrônomos americanos até divulgaram, neste ano, uma pesquisa em que afirmam terem observado essas ondas, mas a descoberta ainda é disputada por cientistas.

E qual é a verdade por trás de tudo isso? Ninguém sabe. "De certo modo é apropriado que essa área de pesquisa soe como ficção, porque a maior parte dela provavelmente é", diz Lawrence Krauss, da Universidade Case Western. Mas, para ele e a maior parte dos físicos, o que interessa é a luta para decifrar a verdade por trás do Universo. "Somos programados para gostar de resolver mistérios. Especialmente quando a solução está longe."

ENERGIA ESCURA



Átomos, galáxias e o próprio Universo são como esta bolha de sabão, feitos de vazio.

NADA

TEXTO *Flávio Dieguez* **FOTO** *Tomás Arthuzzi* **DESIGN** *Rafael Quick*

TUDO SOBRE O

NADA

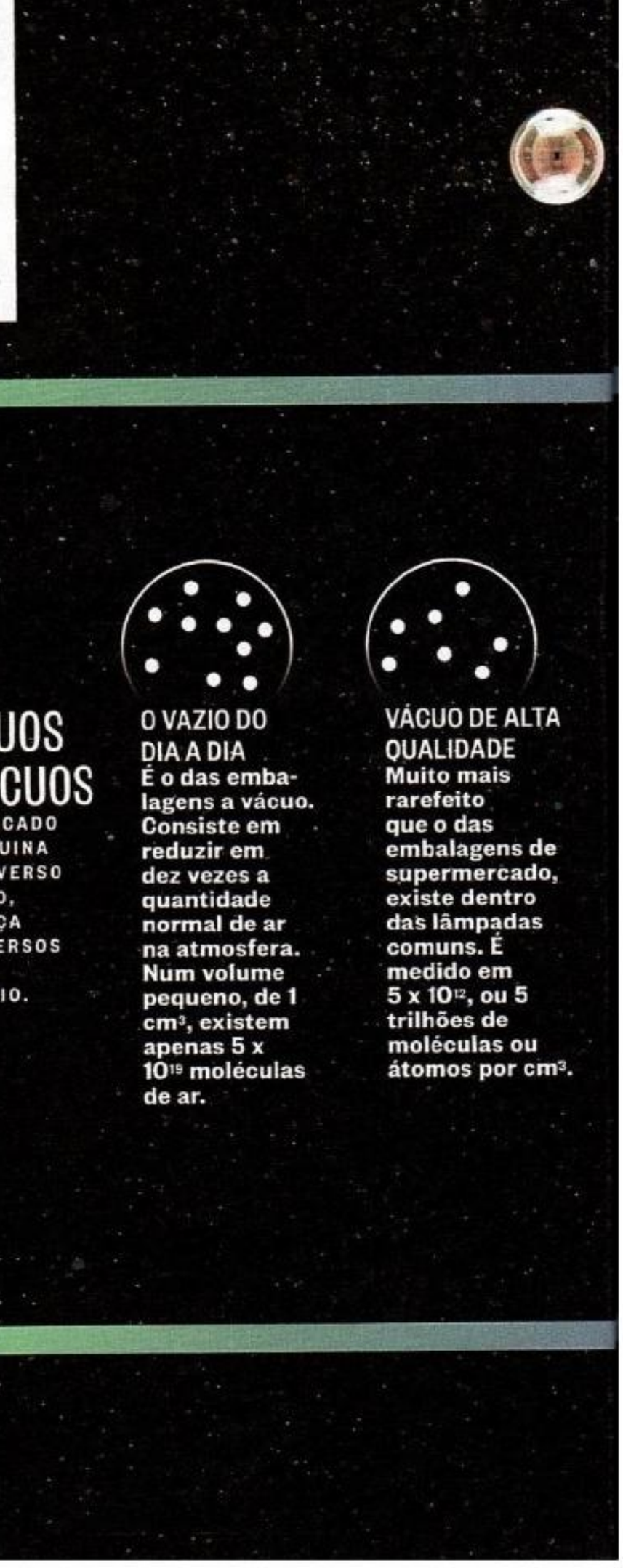
QUASE TODO O UNIVERSO É FORMADO DE PURO VAZIO. E ESSE VAZIO COMPLETO – O NADA – É MUITO MAIS PESADO QUE TODO O RESTO DO COSMOS. NÃO ENTENDEU? OS CIENTISTAS TAMBÉM NÃO. MAS A HISTÓRIA POR TRÁS DISSO É FASCINANTE.

A HISTÓRIA DAS DESCOBERTAS sobre o Universo tem sido uma humilhação atrás da outra para a humanidade. Um resumo: há 2 mil anos, imaginava-se que éramos o ápice da criação e nosso planeta, o centro do mundo. Mas a Terra acabou se revelando um dos muitos súditos do Sol, e o *Homo sapiens*, um neto recente na genealogia dos macacos. Até o Sol, que foi um símbolo da divindade em outros tempos, não passa de um grão de poeira brilhante entre incontáveis estrelas. O orgulho humano ficou reduzido a praticamente nada.

Mas eu disse nada? Não foi por acaso. É que não chegamos ainda ao fundo do poço – e o fundo do poço é justamente o nada. Nadinha de nada. Elimine todo tipo de matéria ou de radiação, até os gases mais rarefeitos e as menores partículas atômicas. Agora estenda a limpeza aos quatro cantos do espaço. Você criou um Universo vazio. Claro que isso é um absurdo – algo como uma laranja sem gomos nem casca. Mas vale a pena insistir nessa experiência imaginária porque os cientistas que estudam o Universo fizeram algo parecido com ela. O que descobriram é, ao mesmo tempo, difícil de acreditar e praticamente impossível de contestar. Eles chegaram à conclusão de que, se você tirar tudo o que é possível do cosmos, todas as rochas, galáxias, átomos, luz, ele continua pesando três quartos do que pesava antes. Restam 71% da massa original.

Nenhuma pessoa sensata aceitaria a sugestão de que essa é a massa do nada. Só que os físicos, cosmologistas e astrônomos não são pagos para terem bom senso – sua obrigação é investigar o cosmos com rigor e descobrir do que ele é realmente feito, por mais estranho que possa parecer. Eles não têm dúvida de que esse nada, também chamado de energia escura, existe. Mas nem essa gente tão acostumada a surpresas esperava que essa energia fosse a *maior coisa* que existe, a ponto de carregar, sozinha, três quartos da massa do Universo. O Universo é quase todo nada.

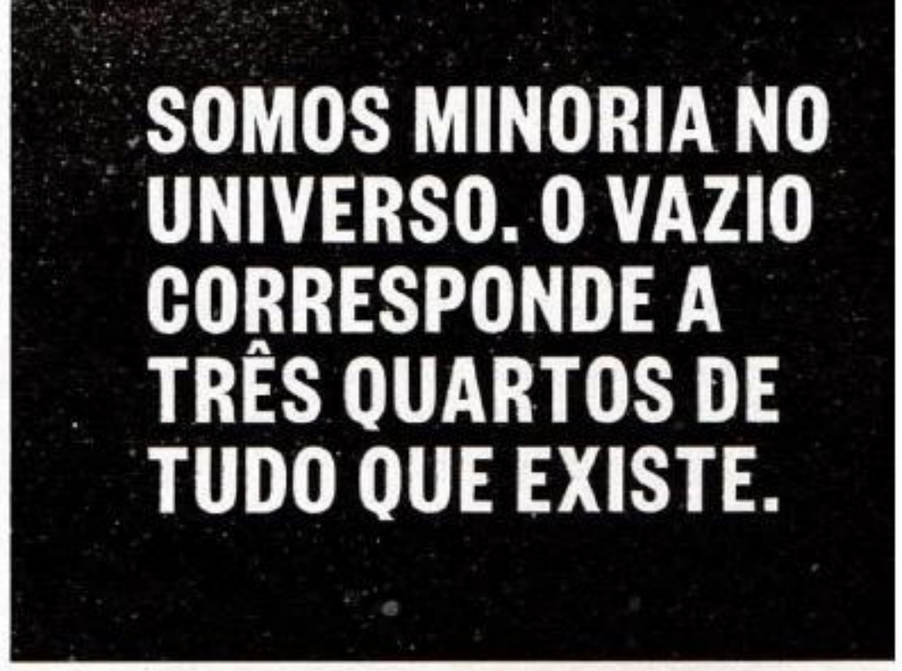
Esse paradoxo é o mais impressionante e assustador de todos os pesadelos para o velho e cada vez mais distante sonho da humanidade – o de decifrar os segredos do cosmos. As descobertas são mais um golpe duro no nosso orgulho. Até porque, mesmo entre aqueles 29% que sobram quando excluímos o nada, 24% são, na verdade, um tipo bem estranho de substância: a matéria escura, sobre a qual não sabemos nada, só o fato de que é feita de átomos. Nós – as coisas feitas de átomos, como pessoas, planetas, estrelas e galáxias – não passamos de 5% do total. Essa é a verdadeira medida da nossa insignificância cósmica.



FEITOS DE VÁCUO

O mais chocante é descobrir, a essa altura dos acontecimentos, que somos grãos de poeira suspensos entre o nada. Não é muito fácil explicar o que isso significa. A saída é imaginar que o nada está embutido dentro do próprio espaço. Cada grama de matéria está permeado por uma imensidão invisível de nada. Inclusive você, leitor – não leve a mal –, está cheio de nada. Pense em uma malha muito fina escondida debaixo de cada trilionésimo de milímetro do cosmos e que atravessa tudo, inclusive os nossos corpos. Com um detalhe: essa malha é totalmente imperceptível e inofensiva em condições normais, mas é muito maior do que tudo o que está "acima" dela. Caso contrário, não teria o peso que tem. Os cientistas costumam descrevê-la como um abismo imenso, escavado sob cada ponto do espaço. E até eles ficam assustados com essa imagem.

"Quem garante que, neste exato momento, o Universo não está prestes a ser tragado para dentro desse vazio?", afirma o astrônomo americano Sten Odenwald, com a preocupação típica de quem sabe demais. "E se algum acidente nos laboratórios nos atirar para dentro do nada?" Logo na abertura de seu livro, *Patterns in the Void* ("padrões no vácuo", sem edição no Brasil), Odenwald compara a descoberta do nada às "constelações negras" dos incas – que, em vez de traçar desenhos no céu ligando as estrelas, admiravam e temiam as manchas escuras do firmamento, formadas pelas áreas sem estrelas. Estaríamos agora numa situação parecida: passamos séculos estudando pontos de luz, para agora descobrir que eles são meras exceções num cosmos repleto de sombras.



Mas como é que os cientistas encontraram esse nada todo? Em certos casos, funciona mais ou menos como o sistema financeiro. Suponha que você seja um empresário, mas não tenha capital. Então faz um empréstimo, aplica o dinheiro e quita a dívida com a renda do negócio. Resultado: você, que não tinha nada, não só devolve o que pegou como passa a ter alguma coisa. Essa também é a lógica que rege o comércio entre o espaço comum e o nada que permeia tudo: em certas ocasiões, o espaço pode emprestar um pouco de matéria do vazio. Por exemplo, quando acontece uma colisão num acelerador, surge da batida outra subpartícula que não estava lá antes. É »

» que a enorme energia liberada puxa do nada (por empréstimo) um pedacinho de matéria que estava "escondido" lá. A diferença entre essa economia e a dos investidores é que nela não há chance de calote. Tudo o que se pega volta automaticamente para o dono no prazo estipulado, incrivelmente curto. Nas finanças cósmicas, o giro do capital dura bilionésimos de segundo. As partículas que surgem somem quase imediatamente.

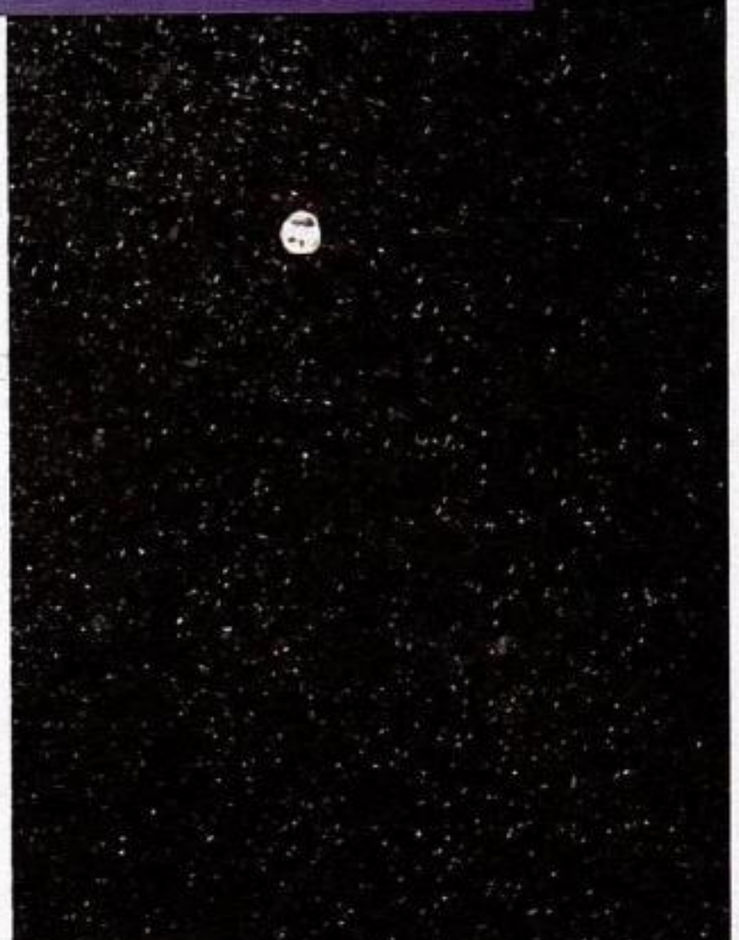
NOS COLISORES DE PARTÍCULAS, FÍSICOS TENTAM ENCONTRAR SINAIS DO NADA.

Por isso o nada parece vazio: quem olha de relance não vê as transações e pensa que o lugar ficou vago o tempo todo. Só quando os físicos passaram a olhar o espaço com a atenção necessária, monitorando com imensa precisão o que acontece após uma colisão num acelerador, começaram a perceber as entradas e saídas de matéria na contabilidade do vácuo. Mas ainda não se sabe que tipo de moeda está guardada no Banco Central do Universo – em outras palavras, ninguém entende bem como funciona toda aquela matéria escondida. Isso porque os empréstimos já chegam ao espaço usual convertidos em moeda comum, ou seja, na forma de partículas conhecidas – como os elétrons, fótons e similares. Ninguém os viu na forma como são normalmente.

Odenwald afirma que estamos apenas começando a mexer com algo que não entendemos bem. Afinal, não é fácil emprestar partículas do nada. Elas surgem e tornam a sumir bem antes de percorrerem uma distância equivalente ao diâmetro de um núcleo atômico.

Por sorte, o próprio Universo se encarregou de iluminar um pouco o alvo dos detetives. Foi quase sem querer, em uma pesquisa histórica com telescópios no Chile e em outras partes do mundo, em 1997. A ideia era verificar se a expansão do Universo perdia força. A expectativa, naquela época, era verificar que a expansão já estivesse mais lenta. Em vez disso, os astrônomos viram que ela está acelerando cada vez mais. Ninguém conseguia enxergar qual motor poderia estar expandindo o cosmos inteiro. Uma possível explicação – tente adivinhar – é que todo o nada escondido entre a matéria a esteja empurrando.

Desde então, os pedaços escuros do céu, que antes eram motivo de medo para os incas, viraram o alvo de telescópios e a possível fonte de respostas para alguns dos mistérios da ciência. Apesar de astrônomos ainda não terem encontrado as respostas definitivas sobre o nada, descobriram algo importante: nosso verdadeiro tamanho no Universo. 5



71%

24%

5%

ENERGIA ESCURA
O "nada", ou energia escura, como é chamado por cientistas, se espalha de forma equilibrada pelo Universo inteiro. Observações diretas desse tipo estranho de energia nunca foram realizadas, mas essa substância funciona para explicar muitos mistérios, como a expansão acelerada do Universo.

MATÉRIA ESCURA
A Via Láctea gira rápido demais, de forma que planetas e estrelas deveriam estar sendo expelidos de suas bordas. Isso não acontece, segundo os cientistas, devido à matéria escura. Um tipo de substância que não reage à luz e, por isso, não pode ser observada. Mas cuja presença foi deduzida para compensar a velocidade de rotação da nossa galáxia.

MATÉRIA NORMAL
Você, nosso planeta, as estrelas e as galáxias. Tudo isso corresponde a um pedaço muito pequeno do Universo, apenas 5% de tudo que existe. Cientistas ainda tentam entender essa divisão: usam aceleradores de partículas para colidir a matéria que conhecemos na esperança de produzir um pedacinho de matéria ou energia escuras.

ENSAIO TEÓRICO

MAIS RÁPIDO QUE A LUZ

TEXTO *Paul Davies* **FOTO** *Arthuzzi* **DESIGN** *Rafael Quick*

Uma partícula alimenta o sonho de superar a velocidade da luz sem violar a Teoria da Relatividade. O problema: algo assim também seria capaz de viajar para o passado.

No século 19, muitos achavam que nunca seria possível viajar mais rápido que o som. Até que em 1947 o piloto americano Charles Yeager quebrou essa barreira a bordo do avião-foguete Bell XS-1. Essa história é às vezes usada para se argumentar que não existem limites à velocidade: com tecnologia adequada, qualquer tipo de barreira cairia. A velocidade da luz, no entanto, constitui um limite físico inexpugnável. Deslocando-se no vácuo a 1,08 bilhão de km/h, a luz, por princípio, não pode ser superada. Não importa a tecnologia.

A ideia de que existe uma barreira ao deslocamento dos corpos nasceu com a Teoria da Relatividade. Sua ideia central pode ser compreendida a partir de uma experiência que analisa pulsos de rádio (tanto o rádio quanto a luz são formas de ondas eletromagnéticas e se deslocam com a mesma velocidade). Imagine alguns desses pulsos sendo emitidos a partir da constelação Monoceros, a 16 mil anos-luz da Terra. Monoceros é um pulsar binário, formado por duas estrelas altamente compactas, ou estrelas de nêutrons, que giram uma em torno da outra. A gravidade que liga as duas é tão forte que elas percorrem suas órbitas a 720 mil km/h (300 mil km/s), ou 0,1% da velocidade da luz.

Com extraordinária regularidade, a cada 59 milésimos de segundo, uma das estrelas emite um sinal – como o tique-taque de um relógio – que pode ser monitorado da Terra. Ao girar em torno de seu companheiro, um pulsar às vezes se aproxima um pouco do nosso planeta e às vezes se afasta. Assim, podemos ficar tentados a pensar que a velocidade dos pulsos é maior durante a aproximação do que durante o afastamento. Mas, se fosse assim, os pulsos mais rápidos alcançariam os mais lentos, ao longo dos 16 mil anos-luz de viagem. E bastaria uma minúscula diferença de velocidade para misturar os sinais de maneira complicada.

Como nada disso acontece, essas observações confirmam o princípio relativístico de que a velocidade da luz é independente do movimento da fonte, ou do observador. Essa constatação produz uma consequência imediata para a possibilidade de uma viagem mais rápida que esse limite: obviamente, se a rapidez com que a luz passa não é afetada pelo movimento de uma pessoa, esta nunca poderá alcançar aquela.

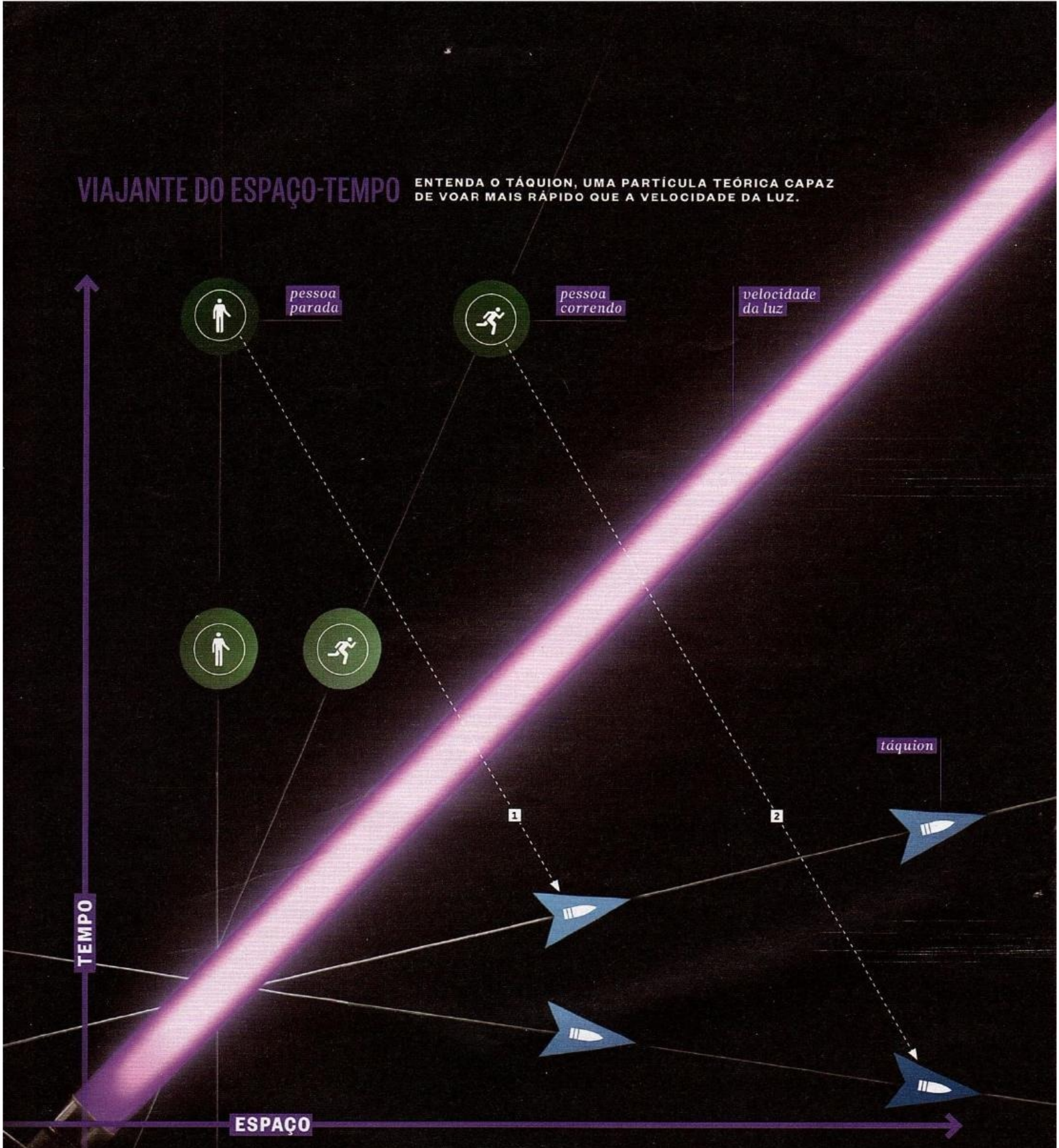
Imagine o que aconteceria se um foguete partisse da Terra em perseguição a um raio luminoso. Quando o motor é ligado, a nave acelera e sua velocidade começa a aumentar. À primeira vista, nada impede que o motor continue a acelerar o foguete até a velocidade se tornar maior que a da luz. Mas há um impedimento. Um observador na Terra veria a nave acelerar, mas depois de certo tempo perceberia que a aceleração não corresponderia ao esforço do motor. À medida que se aproximasse da velocidade da luz, a nave precisaria gastar mais e mais combustível para conseguir um aumento cada vez menor de velocidade. O observador enxerga esse fato como um contínuo aumento da massa da nave, que cresce sem limite ao se aproximar da velocidade máxima do Universo. A massa extra torna o foguete mais resistente à aceleração, e nenhum acréscimo no impulso o faria atingir a velocidade da luz.

É possível acelerar partículas subatômicas a uma velocidade quase igual à da luz, mas as regras da física não mudam: continuam determinando que não é possível acelerar um objeto material além desse limite.

Mesmo assim, existe uma saída teórica para a ideia de ultrapassar a velocidade da luz. Para alguns físicos, pode haver partículas que simplesmente existem a uma velocidade superior ao limite de rapidez do Universo. O nome dessa partícula hipotética é táquion. E a ideia funciona porque a Teoria da Relatividade não faz restrição a objetos que sejam *sempre* mais velozes que a luz. Ou seja, os táquions também obedecem às regras da física, mas de um jeito diferente.

VIAJANTE DO ESPAÇO-TEMPO

ENTENDA O TÁQUION, UMA PARTÍCULA TEÓRICA CAPAZ DE VOAR MAIS RÁPIDO QUE A VELOCIDADE DA LUZ.



1
Do ponto de vista de um observador parado, o táquion é apenas um objeto extremamente rápido.

2
Mas caso esse observador esteja em movimento, ele pode ver o táquion voltando no tempo.

Os táquions respeitariam uma regra informal da ciência: quando algo não é proibido, a natureza tende a produzi-lo de uma forma ou de outra.

Se os táquions existem, devem ter propriedades estranhas. As partículas comuns, por exemplo, têm mais energia quando se deslocam mais velozmente; os táquions teriam *menos* energia. Dessa forma, se um deles perder energia, será acelerado. E, se tiver energia zero, sua velocidade será infinita, capaz de cruzar o Universo instantaneamente. Isso porque o conceito comum de massa não se aplicaria a essas partículas, que têm o que se chama de massa imaginária. Enquanto é preciso gastar energia, ou realizar trabalho, para acelerar massas comuns, deve-se realizar trabalho para *desacelerar* um táquion.

O simples fato de a natureza permitir a existência dos táquions, no entanto, não significa que eles existam. Mas vale imaginar onde eles poderiam ser encontrados. Uma possibilidade é o Big Bang. Afinal, foi durante a grande explosão que deu origem ao Universo que toda a matéria foi produzida. Talvez a tórrida fase primordial do cosmos tenha deixado resíduos taquiônicos que depois se espalharam pelo espaço. Os astrônomos sabem que o Universo contém muita matéria sob forma desconhecida; é intrigante a sugestão de que parte dela esteja em forma taquiônica.

A LINHA DO TEMPO

Para testar essa possibilidade, é preciso saber como os táquions se comportam em um Universo em expansão. Um gás comum, por exemplo, fica mais frio quando se expande. Isso significa que suas moléculas, em agitação caótica quando quentes, aos poucos se aquietam. De forma semelhante, um gás de táquions também perderia energia, mas, como ele respeita as regras da física do avesso, ficaria ainda mais acelerado. Assim, conforme se aquece ao longo da expansão, quando chega à energia zero, a velocidade dos táquions se torna infinita. E as partículas deixam de existir. Esse desaparecimento súbito pode ser entendido com a ajuda do diagrama ao lado. No gráfico, o limite é a velocidade da luz, que aparece inclinada em 45 graus, correndo a distâncias iguais tanto do eixo do espaço quanto do eixo do tempo.

Partículas mais rápidas que a luz, como os táquions, têm ângulo mais acentuado que 45 graus. Tendem a ficar horizontais quando a velocidade se aproxima do infinito. Ou seja: é como se estivessem em vários lugares simultaneamente e o tempo não passasse para elas. Na prática, elas somem do diagrama. Deixam de existir no espaço-tempo. Caso tenha sido este o destino dos táquions após o Big Bang, a esperança de encontrá-las tende a zero.

Ou quase: em 1974 um grupo de pesquisadores da Universidade de Adelaide, na Austrália, registrou o trajeto de uma partícula em tempo tão curto que só poderia ter sido feito em velocidade superior à da luz. A partícula foi vista em raios cósmicos – criados na alta atmosfera pelo choque de núcleos atômicos vindos do espaço. Todas as tentativas de registro posteriores deram resultado negativo e qualquer físico em sã consciência continuou cético quanto à possibilidade de alguma coisa superar a velocidade da luz.

O centro das dificuldades é uma dedução da Teoria da Relatividade: de que um objeto capaz de superar essa velocidade também pode viajar para o passado. Nosso diagrama aqui ajuda a entender o motivo. Ao desenhar a trajetória do táquion do ponto de vista de um observador imóvel (o sujeito que aparece parado no desenho), a linha fica inclinada para cima, enquanto que a outra, vista pelo observador em movimento (o bonequinho correndo), fica inclinada para baixo. O problema: o tempo corre para cima no diagrama.

Essa possibilidade cai como uma bomba sobre a ideia de causa e efeito. Se o táquion fosse uma bala de canhão disparada na direção de um alvo, o alvo explodiria antes de o canhão ser disparado. Também é possível interpretar essa situação dizendo que a explosão do alvo é a causa do disparo – e não seu efeito. De uma maneira ou de outra, eventos que são aceitáveis para o observador imóvel parecem bizarros aos olhos do que se move. Tais possibilidades inspiram paradoxos divertidos ou tormentos metafísicos, dependendo da inclinação pessoal de cada um.

Para muitos físicos, esses paradoxos temporais acabam com a possibilidade de existência dos táquions. Mesmo assim, uma conclusão parece certa: embora conduza a possibilidades difíceis de compreender, a existência dos táquions não viola as leis da natureza. Então talvez seja possível invocar a seu favor uma curiosa regra informal da ciência: se algo não é estritamente proibido, a natureza tende a produzi-lo de uma forma ou de outra. Não deve causar surpresa se um dia alguém surgir com evidências desse estranho viajante do espaço-tempo.

O INÍCIO DE TUDO

DE ONDE VIEMOS ?

EM DUAS OCASIÕES NA HISTÓRIA DO COSMOS, A MATÉRIA QUE COMPÕE O SEU CORPO ESTEVE REUNIDA NO MESMO LUGAR - NO BIG BANG E AGORA. SAIBA COMO SAÍMOS DE LÁ E VIEMOS PARAR AQUI.

TEXTO *Salvador Nogueira e Alexandre Versignassi* **FOTO** *Tomás Arthuzzi* **DESIGN** *Rafael Quick*

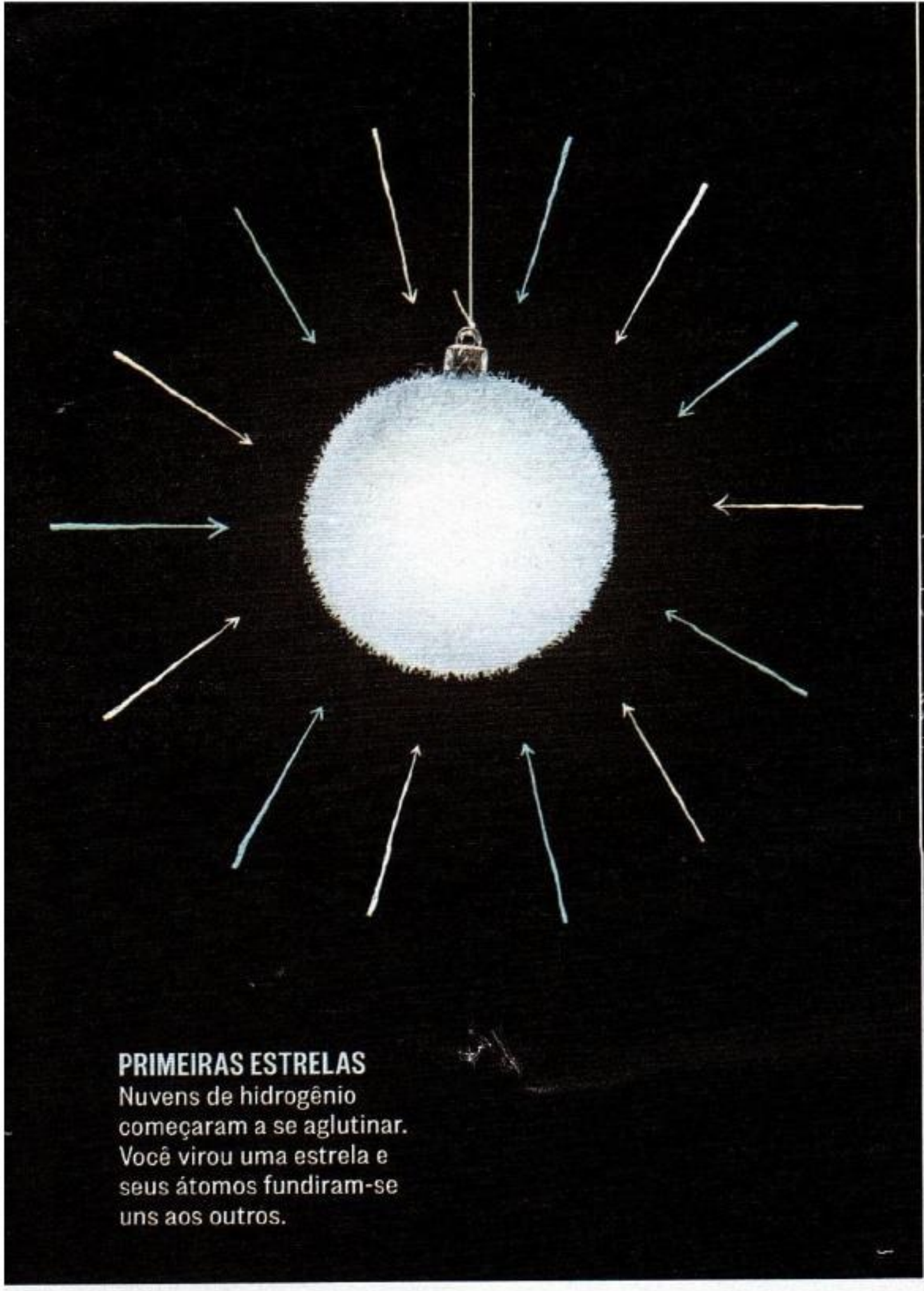
AGORA, ENQUANTO você segura esta revista, uma incrível coincidência está acontecendo. Pela segunda vez na história do Universo, esse exato conteúdo de partículas e subpartículas, matéria e energia, que você costuma chamar de "eu" está reunido exatamente no mesmo lugar do espaço.

A primeira vez que isso aconteceu foi há 13,8 bilhões de anos. E a organização de todos esses elementos que faziam parte de você era bem diferente. Na verdade, tudo estava na forma de energia – e misturado a todas as outras coisas que existem. Eu, você e esta revista éramos a mesma coisa, condensados num amontoado absurdamente denso de energia. Tudo bem apertado, concentrado num espaço mínimo – esse foi o instante imediatamente após o Big Bang.

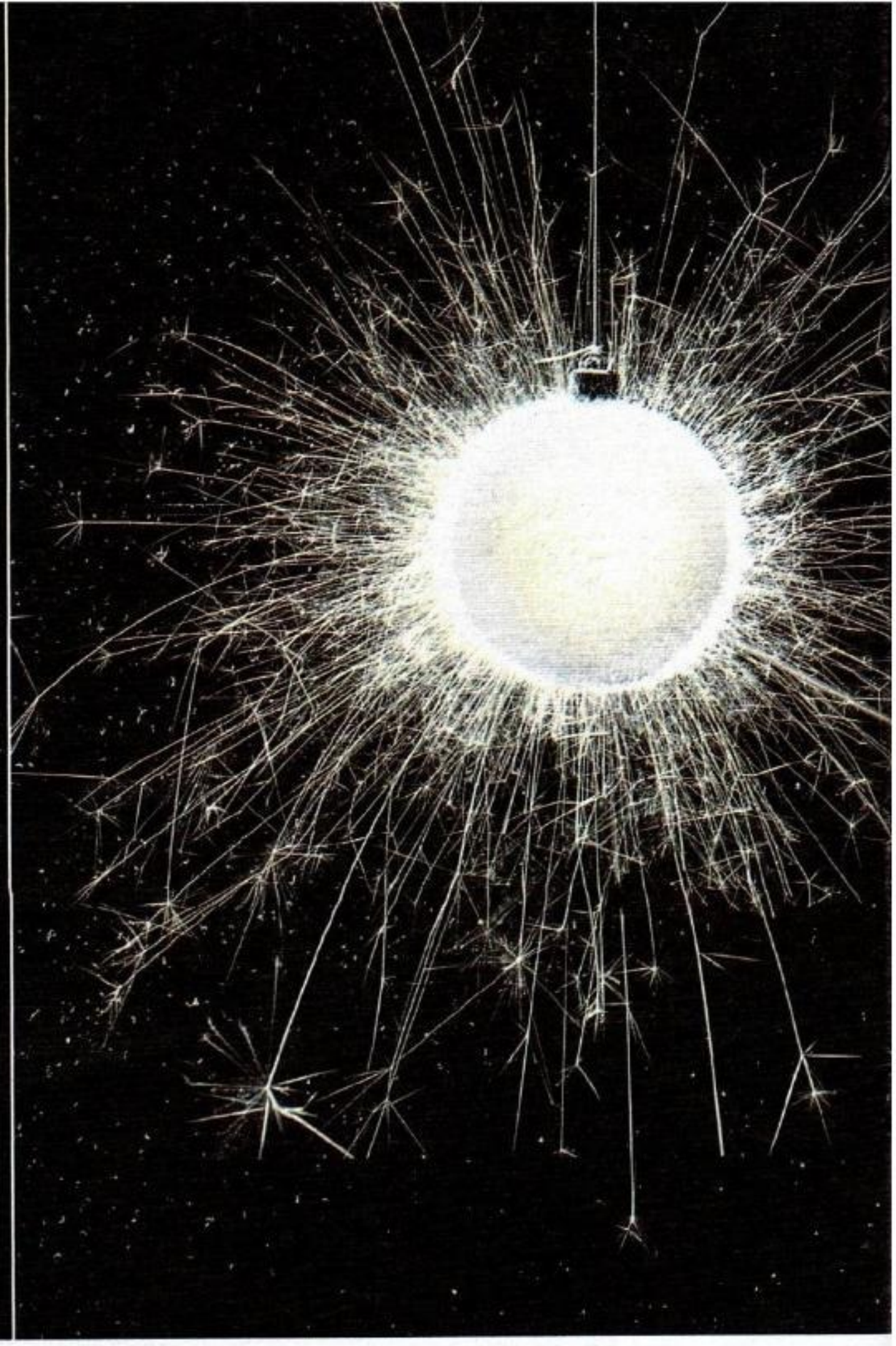
A grande explosão que deu origem a tudo não aconteceu num determinado lugar. Rolou aqui, ali e em toda parte. É que todos os lugares também estavam espremidos num ponto bilhões de vezes menor que uma cabeça de alfinete. E lá estávamos nós, embaralhados num mar de energia explosiva. Logo, o Universo trataria de acabar com esse amontoado e nos espalhar para todos os lugares possíveis – mas não sem antes ampliar todos os lugares possíveis.

Se tivéssemos de resumir em uma única palavra tudo que sabemos sobre o instante inicial do Universo, escolheríamos esta: nada. É como disse o astrofísico americano Carl Sagan sobre o Big Bang: "Por que ele aconteceu é o maior mistério que se conhece. Mas o fato de ter acontecido é razoavelmente claro". Quer dizer: sabemos com razoável precisão que, cerca de 13,8 bilhões de anos atrás, aquela microcabeça de alfinete começou a crescer. Nisso o Universo foi se diluindo. E uma parte daquela sopa de energia onde você estava esfriou, assumindo uma forma mais familiar: a de matéria. Essas primeiras partículas foram batizadas de quarks. No Universo atual, elas não existem soltas, porque outras partículas, chamadas de glúons, impedem que elas vivam sua vida independentemente – os glúons são o superbonder da matéria.

O Universo, porém, ainda fervia. »



PRIMEIRAS ESTRELAS
Nuvens de hidrogênio começaram a se aglutinar. Você virou uma estrela e seus átomos fundiram-se uns aos outros.



Era tão quente por lá que quarks e glúons se agitavam como pipoca na panela, e não existiam misturados. Viviam separados num estado chamado de plasma de quark-glúon. Conforme o Universo foi se resfriando, os quarks e os glúons começaram a se entender. Então os primeiros começaram a se reunir, em trios, para formar os muito mais conhecidos prótons e nêutrons. Tudo isso aconteceu em mais ou menos 10 milésimos de 1 milésimo de segundo. A essa altura, você já era um amálgama de prótons e nêutrons, misturados de forma indistinta – nada que realmente desse para chamar de "eu". Mas era um belo começo. E o próximo passo era juntar esses prótons, nêutrons e elétrons na forma de átomos.

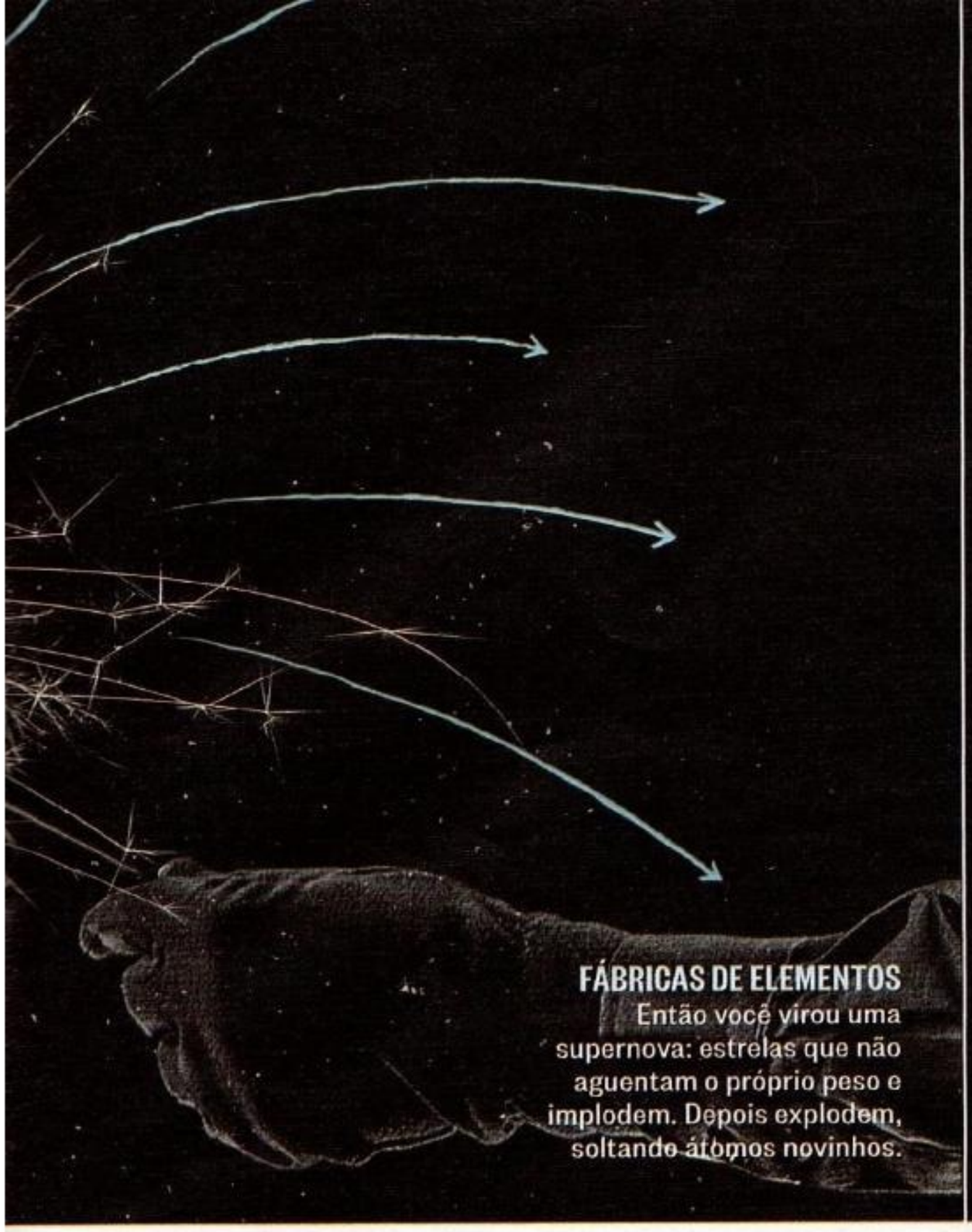
Tenha em mente que, durante todo o processo, o Universo continuava a se resfriar e a se diluir (coisa que ele está fazendo até hoje). Cem segundos depois do Big Bang, então, quando o cosmos atingiu uma temperatura mais amena, de mais ou menos 10 milhões de graus Celsius, essa brincadeira de colar prótons, nêutrons e elétrons passou a ser possível. Surgiam os primeiros átomos. Primeiro, os de hidrogênio – forma atômica mais simples, composta de um próton, solitário ou acompanhado por um ou dois nêutrons. E, rodopiando em volta dele, um elétron (outra partícula que, como o quark, nasceu um pouco depois da grande explosão).

Depois disso, já com um belo estoque de hidrogênio em mãos, o cosmos passou a colar esses átomos uns nos outros para formar o segundo elemento mais simples, o hélio, com dois prótons e um ou dois nêutrons no núcleo. Em seguida, formou mais um pouco de lítio, o terceiro elemento, mas aí o Universo ficou frio demais para seguir com esse processo de fusão nuclear. Saldo final: 300 segundos após o Big Bang, o cosmos tinha 75% de hidrogênio, 25% de hélio e umas pitadinhas de nada de lítio.

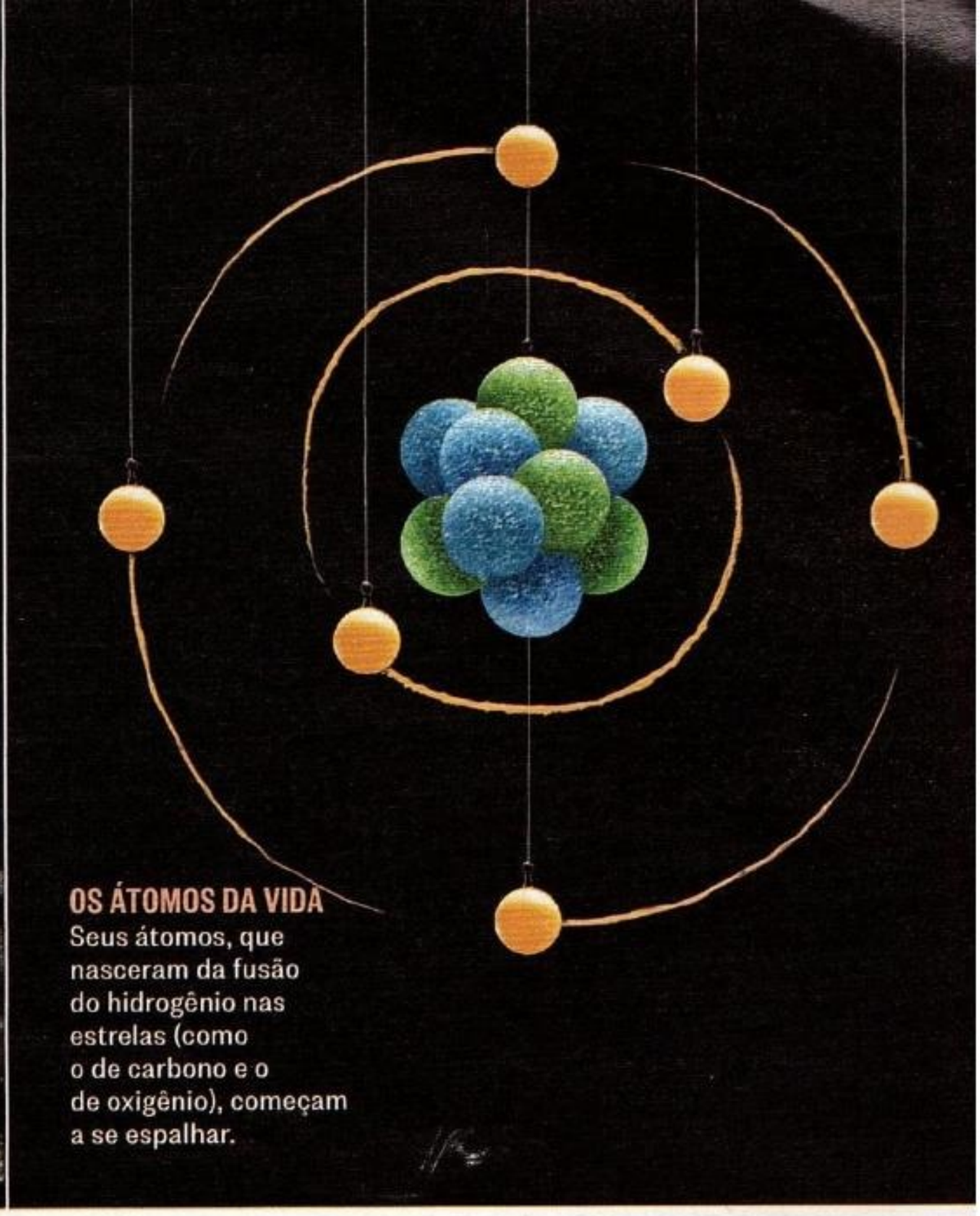
A ÚLTIMA MILHA

Um Universo composto só de hidrogênio e hélio ia ser bem sem graça. Não dá para criar vida (leia-se você) com esses elementos. Então, o cosmos precisou dar um jeito. Ele criou as estrelas – pequenas fábricas de novos elementos. A melhor forma de imaginar uma estrela é pensar numa imensa bola de gás, feita basicamente de hidrogênio, com umas pitadas de hélio. Ela surge a partir de nuvens gasosas, que deviam ser bem abundantes logo no início do Universo.

Coube à gravidade transformar as nuvens difusas em bolas compactas. E a força gravitacional exagera na dose, de modo que o astro recém-nascido se torna muito, muito denso. A pressão no interior dele atinge um ponto que leva os átomos de hidrogênio a grudar uns nos outros, formando mais hélio. Esse processo de fusão nuclear produz muita energia, e é isso que faz a estrela brilhar. Mas, se a função primordial da estrela é formar hé-



FÁBRICAS DE ELEMENTOS
Então você virou uma supernova: estrelas que não aguentam o próprio peso e implodem. Depois explodem, soltando átomos novinhos.



OS ÁTOMOS DA VIDA
Seus átomos, que nasceram da fusão do hidrogênio nas estrelas (como o de carbono e o de oxigênio), começam a se espalhar.

lio a partir de hidrogênio, então qual é a diferença entre uma estrela e aquele cenário pouco após o Big Bang? A vantagem da estrela é que ela não está se diluindo a passos largos, como todo o Universo do lado de fora – assim o processo de fusão pode seguir por milhões de anos.

Apertada pela gravidade, a estrela passa muito tempo fabricando hélio. O mais interessante, no entanto, é o fenômeno que acontece a seguir. Quando o hidrogênio no núcleo estelar se esgota, ele se comprime mais, e a pressão se torna suficiente para usar o hélio como matéria-prima para a criação de elementos ainda mais pesados. Foi assim que nasceram os átomos grandes, com muitos prótons no núcleo, como o oxigênio e o carbono.

Claro, de nada adianta ter todas essas pequenas joias da vida (o oxigênio, com o hidrogênio, forma a água, e o carbono, por sua vez, é a base para todas as moléculas complexas ligadas ao metabolismo biológico) se elas estão inacessíveis, trancafiadas no núcleo de uma estrela. Felizmente para nós, o Universo tinha mais uma carta na manga: chega um momento em que o centro da estrela se comprime tanto que ela não aguenta mais. E dá sua estrebuchada final: o núcleo colapsa por conta do próprio peso e, num efeito rebote, o astro explode violentamente, expulsando suas camadas superiores. Esse fenômeno, que chamamos de supernova, espalha elementos pesados (a matéria-prima da gente) pelo espaço. Quer dizer: cada pedacinho que agora forma o seu corpo foi forjado dentro de várias supernovas Universo afora.

Aquela mesma gravidade que mata as estrelas também agiu em escalas maiores, reunindo enxames estelares em galáxias, e essas galáxias em aglomerados, e os aglomerados em superaglomerados, deixando o Universo parecido com uma teia de aranha.

Até este momento falamos de apenas 1 bilhão de anos após o Big Bang. As galáxias já existiam, as primeiras estrelas já explodiram em supernovas, e o cosmos estava ficando mais rico em átomos complexos. Concentremo-nos então numa única galáxia espiral, que hoje convencionamos chamar de Via Láctea. Avançando a fita mais 8 bilhões de anos, vamos descobrir que, na periferia dessa estrutura, uma nova estrela estava se formando a partir de uma nuvem de gás. Era uma nuvem tênue para os padrões cósmicos, sem muita massa. Resultado: a estrela não se agigantou tanto, e o resultado foi um astro medíocre – de porte médio para pequeno. Esse foi o nada emocionante nascimento do Sol.

Ao redor dele, um disco composto de gás e poeira, já devidamente enriquecido com elementos pesados, acabou produzindo oito bolotas mais parrudas, que hoje chamamos de planetas. É numa dessas bolotas, a terceira a contar do Sol, que a nossa história deu outro grande salto: fomos promovidos de poeira estelar a formas de vida.

Só que não foi fácil. A própria Terra não era nem de longe o lugar agradável que é hoje. Nosso primeiro bilhão de anos foi marcado por surras memoráveis – o Sistema Solar recém-nascido tinha muito mais sujeira, e vira e mexe algum asteroide trombava aqui. Um desses choques foi com um objeto do tamanho de Marte. A pancada foi tão violenta que jogou bilhões de toneladas de matéria na órbita terrestre. A gravidade logo reuniria esses destroços numa bola de pedra com 1/4 do tamanho da Terra. Uma bola que agora chamamos de Lua, a maior testemu-

SISTEMA SOLAR
De uma nuvem de hidrogênio (com umas pitadas de átomos mais complexos), nasce o Sol. Perto dele, fica você, ou seja: o material formado por átomos pesados (pedras feitas de oxigênio, cálcio e outros elementos).

SURGE A TERRA
Como vimos na p. 10, o calor do astro expulsa elementos mais leves, como o hidrogênio e a água, para longe. O gás e a água se juntam na forma de planetas gigantes, como Júpiter. As pedras e o carbono do seu corpo formam os planetas rochosos, como a Terra.

nha daqueles tempos turbulentos.

A despeito dessa fase hostil de pancadaria cósmica, que durou até mais ou menos 3,9 bilhões de anos atrás (ou quase 10 bilhões de anos após o Big Bang), a Terra foi um planeta que deu sorte, pois nasceu no lugar certo. Por sua distância do Sol, é um mundo que não fica nem muito frio nem muito quente. Isso quer dizer que uma substância muito especial, chamada água, pode existir numa forma muito especial, o estado líquido. Por causa disso, nosso planeta foi contemplado com as condições de preparar o grande sopão que daria origem à vida. Mas, para cozinhar seres vivos, não basta uma sopa qualquer – é preciso uma sopa de letrinhas.

PÁGINAS DA VIDA

Até o começo do século 20, o consenso científico era simples: as formas de vida eram compostas de algo diferente da matéria inanimada – algo especial, único, capaz de as tornar... bem, vivas. Hoje sabemos que não é assim. Na verdade, somos feitos dos mesmíssimos átomos que todo o resto. A diferença está na combinação desses átomos e na complexidade dessas relações. As formas de vida são baseadas em famílias de moléculas muito complicadas – algumas delas tão incríveis que nenhuma reação de laboratório consegue sintetizar. Mas, evidentemente, nada pode ter começado tão complicado assim.

Ainda não há certeza absoluta de como algumas substâncias inanimadas de repente se rearranjaram para produzir coisas vivas, mas a maioria dos cientistas acredita que tudo começou com apenas um tipo de molécula, o RNA, um primo pobre do DNA. Ele serve ao mesmo propósito que seu parente mais conhecido (ou seja, armazenar os genes, as "receitas" químicas que fazem o grosso do trabalho na hora de tornar você o que você é) e o faz mais ou menos do mesmo jeito (com letrinhas químicas que formam a "linguagem" da vida).

Pobre, mas trabalhador, o RNA consegue, além de armazenar genes, executar algumas funções mais simples que normalmente seriam atribuídas a outras substâncias – como se reproduzir, coisa essencial para que algo possa ser considerado vivo. Por seu caráter faz-tudo, o RNA seria a molécula mais indicada para iniciar o processo da vida. Uma vez iniciada, ela estaria sujeita às regras da seleção natural – e uma das coisas de que ela mais gosta é de especialização. Moléculas especializadas fazem melhor seus trabalhos do que moléculas faz-tudo.

Com essa mudança no mercado de trabalho, o RNA perdeu espaço. Surgiram proteínas que faziam certas atividades melhor, e seu primo DNA armazenava os genes com mais segurança. Nesse admirável mundo novo, o RNA acabou relegado a subempregos. Fazendo bicos em várias partes da célula, ele hoje serve, entre outras coisas, como motoboy do DNA, levando pedaços de genes que precisam ser lidos e transformados em proteínas em outros lugares da célula.

REVOLUÇÃO DAS CÉLULAS

Tudo que vive hoje é resultado de uma única molécula de DNA, que surgiu naquele ambiente de 4 bilhões de anos atrás e se mostrou eficiente a ponto de superar qualquer concorrência que possa ter surgido na época. Você, sua sambaia e as bactérias que vivem no seu intestino são todos parentes, filhos dessa primeira criatura.

Essa grande mãe, veja só, produziu filhos tão diferentes por uma razão pouco nobre: um defeito de fabricação. Seu sistema de cópia do código genético de uma geração para outra tem falhas. Sempre surge alguma mudança na sopa de letrinhas do DNA. E elas vão se acumulando, até que, em alguns milhares

O FIM DA SECA
A água da periferia do Sistema Solar chega à Terra a bordo de cometas. Os oceanos se enchem. Seus átomos se organizam na forma de estruturas vivas.

de gerações, uma forma de vida pode dar origem a outras, bem diferentes. Se a transformação for para melhor (ou seja, ajudar o organismo a se replicar), é mantida. Se for para pior, termina apagada, numa linhagem condenada ao esquecimento. E assim caminhou a evolução. Só que em marcha lenta. Por 2 bilhões de anos, tudo que observamos na Terra foi uma sequência interminável de replicações de criaturas unicelulares, disputando para ver quem era melhor na difícil arte da sobrevivência.

Então, cerca de 1,2 bilhão de anos atrás, algo revolucionário aconteceu. Algumas dessas células individuais descobriram que, se vivessem em conjunto, teriam mais chances de bater a concorrência. De início, formaram apenas colônias de células, mas logo a evolução tornou esse vínculo mais permanente, dando funções especializadas a cada uma das células. Seu próprio corpo é uma cooperativa formada por 10 mil trilhões delas. Mas a mais violenta explosão da vida teria de esperar mais uns 600 milhões de anos para acontecer. Aí é que, literalmente, o bicho iria pegar.

MILAGRE DA MULTIPLICAÇÃO

A partir de 540 milhões de anos atrás, a vida tomou conta do planeta, se multiplicando pelos oceanos. O que ninguém sabe é por quê. A única certeza é que nada disso teria acontecido se, ao longo dos bilhões de anos anteriores, algumas criaturas não tivessem desenvolvido uma tecnologia crucial para o surgimento da vida complexa: a fotossíntese.

Ao converter luz do Sol e gás carbônico em alimento, as criaturas que fazem fotossíntese desenvolveram uma maneira sustentável de viver (luz solar não ia faltar por aqui). Só que o mais importante é outra coisa: a fotossíntese gera moléculas de oxigênio (o O_2).

A graça do oxigênio é que ele produz bastante energia. Quanto mais O_2 tivesse na atmosfera, então, mais as portas estariam abertas para animais de grande porte, como nós, que consumimos trilhões de vezes mais energia que um ser unicelular. Usando o oxigênio como combustível, a vida cresceu. E, há 230 milhões de anos, essa mania de tornar as coisas grandes fez surgir os dinossauros – criaturas a meio caminho entre os répteis e as aves, que dominaram a Terra até um asteroide gigante se chocar com o planeta, há 65 milhões de anos, e acabar com a festa deles.

A essa altura, os primatas já estavam se desenvolvendo, ainda que fossem bem pequenininhos e vivessem na sombra dos dinos. Um longo caminho de evolução fez com que algumas dessas criaturas perdessem força, mas, para compensar, ganhassem em inteligência. Cerca de 2,5 milhões de anos atrás, surgiu o primeiro membro da família humana – o *Homo habilis*. Baixinho, atarracado, burro feito uma porta pelos padrões de hoje, mas já capaz de produzir ferramentas e pregar peças em espécies mais fortes.

A linhagem exata que sai do *Homo habilis* e chega até nós, o *Homo sapiens*, não está clara, mas o que sabemos com certeza é que, na África, cerca de 180 mil anos atrás, apareceram os primeiros seres humanos anatomicamente modernos – mais ou menos como você. De lá eles se espalharam pelos continentes.

Se tirarmos uma média de quanto dura cada geração humana (20 anos), é fácil calcular que a nossa distância genealógica para esses nossos ancestrais pioneiros é de umas 9 mil gerações. Pode parecer muito, mas, revisando a história toda que acabamos de contar, é uma quantidade ínfima de tempo. Uma analogia ajuda a explicar isso.

Imagine que a história do Universo até hoje seja uma partida de futebol, com seus dois tempos de 45 minutos. O surgimento do Sol e da Terra só se daria aos 14 minutos do segundo tempo. O surgimento da vida ocorreria aos 20 do segundo tempo, e a vida complexa quase aos 37. A explosão do Cambriano viria aos 40. Os dinossauros surgiriam aos 43 e meio, e morreriam um minuto depois. O *Homo habilis* surgiria faltando 8 décimos de segundo para o apito final, e o *Homo sapiens* entrou em campo com apenas 8 centésimos de segundo de bola ainda por rolar.

Quase nada, mas o suficiente para que a nossa espécie descobrisse de onde ela e todo o resto vieram. Hoje sabemos que o presente é só um piscar de olhos num Universo que muda o tempo todo. Mas e agora? Para onde vamos? Vire a página que você vai saber.

COLISÃO GALÁCTICA

Serão vários finais. Depois da morte do Sol, não sobrarão nem as galáxias.

ANTISSOCIAIS
Em alguns bilhões de anos, nosso pedaço do Universo deve mudar drasticamente. Começa com a expansão dos cosmos, que afasta nossa galáxia de suas vizinhas.

PARA ONDE VAMOS?

A CIÊNCIA JÁ SABE DE ONDE VIEMOS. MAS E AGORA? ONDE O UNIVERSO VAI PARAR? QUEM VIVER NÃO VERÁ, PORQUE O BREU VAI SER TOTAL.

TEXTO *Salvador Nogueira* **FOTO** *Tomás Arthuzzi* **DESIGN** *Rafael Quick*

UM TÉCNICO americano de beisebol, Yogi Berra, sintetizou tudo: "É duro fazer predições – especialmente quando são sobre o futuro". Diante da veracidade dessa afirmação, os cientistas têm muito do que se orgulhar. A duras penas, conseguiram conceber teorias físicas que não só foram capazes de dizer como o Universo progrediu desde seu surgimento como também permitiram extrapolar, de maneira razoável, como o Universo irá se desenvolver daqui para os próximos zilhões de anos. O que não sabem é até quando a humanidade terá um espaço nele. E isso inclui amanhã.

Talvez a maior desvantagem de fazer parte de uma civilização tecnológica seja o inevitável desenvolvimento de uma série cada vez maior de maneiras de ela acabar de uma vez por todas com si mesma. Esse é um raciocínio que começou a ser mais exercitado pelos pensadores depois da criação da bomba atômica. A proliferação exuberante de técnicas de suicídio coletivo talvez explique por que ainda não encontramos nenhum alienígena inteligente lá fora – é provável que todos os que foram espertos o suficiente (como nós) para desenvolver suas primeiras espaçonaves e radiotelescópios tenham se matado antes de conseguir estabelecer contato com alguém.

Por mais que não gostemos, essa é uma resposta bem possível ao famoso paradoxo de Fermi. Em 1950, durante uma animada conversa após o almoço com seus colegas, o ítalo-americano Enrico Fermi ouvia argumentos entusiasmados sobre quão provável seria a existência de outras civilizações no cosmos. Com uma indagação, o cientista nuclear quebrou as pernas dos entusiastas da vida inteligente: "Então onde está todo mundo?"

A premissa é simples: se é tão fácil o desenvolvimento de civilizações Universo afora, como ainda não encontramos nenhum sinal claro de sua presença? Nem uma sonda não tripulada, nem um monólito, nem um sinal de rádio... nada. (Ou, pelo menos, nada que possa ser verificado cientificamente como prova de vida extraterrestre.) É fato que, uma vez que tivesse desenvolvido uma determinada capacidade tecnológica e de voo espacial (não muito distante da que temos hoje), uma espécie alienígena teria facilidade para espalhar sinais de sua existência pelo cosmos.

Entra em cena o conceito das sondas autorreplicadoras de John von Neumann. Se uma civilização criasse pequenos robôs capazes de aproveitar matéria-prima local para se replicar e, dessa forma, se espalhar pela galáxia, 200 bilhões de estrelas da Via Láctea teriam sido visitadas por uma dessas espaçonaves em meio milhão de anos (voando a modestos 10% da velocidade da luz). Comparado com a idade do Universo (cerca de 13,8 bilhões de anos), esse período de tempo é ridiculamente curto. Ou seja, se alguém teve essa ideia lá fora ao longo desse período todo, deveria haver algum sinal disso em nosso Sistema Solar.

Outra hipótese é que a vida inteligente seja muito rara. E pronto. É o que defendem o astrônomo Donald Brownlee e o paleontólogo Peter Ward, em seu livro *Sós no Universo?* Mas pode ser também que os ETs sabichões tenham simplesmente tropeçado, por acidente ou burrice, em alguma tecnologia que se mostrou fatal para sua existência. Esse é um risco que nós também corremos. A pergunta é: podemos escapar dessa armadilha? Talvez. Mas não vai adiantar grande coisa. A maior bomba nuclear que temos por perto está bem aí no seu nariz. É o Sol. E ela vai detonar.

A TERRA ESQUENTA

Bom, o Sol até que é uma estrela bem comum – uma do tipo anã amarela com "vida útil" estimada em 10 bilhões a 12 bilhões de anos. Como existem bilhões de astros como ele na Via Láctea, os as- »

PERTO DEMAIS
Com o tempo, a aproximação vira uma colisão enorme. Essa colisão deve acontecer entre a Via Láctea, onde vivemos, e a galáxia de Andrômeda, nossa vizinha.

» trônomos já flagraram objetos semelhantes com várias idades diferentes. Isso, somado ao fato de que entendemos razoavelmente os mecanismos de funcionamento da estrela, implica que sabemos como ela vai evoluir. E as notícias que vêm disso não são boas.

Hoje, o Sol está em sua meia-idade, com cerca de 5 bilhões de anos. Durante todo esse tempo, a distância entre ele e a Terra permitiu que o planeta tivesse temperaturas amenas em sua superfície, fato essencial para que ele desenvolvesse e abrigasse vida. Só que, ao longo do tempo, o Sol está lentamente se tornando mais quente. Segundo as estimativas de Don Brownlee e Peter Ward, em mais 1 bilhão de anos a alegria da Terra vai acabar: as reações nucleares que acendem o astro estarão mais intensas. E o calor por aqui vai ser tamanho que fará com que todos os oceanos terrestres evaporem, o efeito estufa se acentue de maneira radical e o planeta inteiro seja esterilizado. Nem mesmo as bactérias ou as baratas – clássicas sobreviventes de um holocausto nuclear – poderão viver por aqui. Até lá, é bom que o homem já tenha desenvolvido capacidade para se instalar em outros mundos. Marte, então mais quente do que hoje, pode ser uma boa pedida para essa primeira parada.

Claro que a solução marciana será apenas temporária – em mais uns 5 bilhões de anos, quando o Sol esgotar seu combustível, ele se tornará uma estrela do tipo gigante vermelha, engolindo Mercúrio, Vênus e, possivelmente, a Terra. Embora mais de 200 vezes maior do que hoje, ele será uma estrela mais fria, e o sistema solar estará a ponto de se tornar uma região 100% inabitável. Após essa fase de gigante vermelha, o Sol encolherá até se tornar uma anã branca – o cadáver muito denso de uma estrela morta. Quando isso acontecer, todos os planetas remanescentes serão frios demais para abrigar vida (na forma como a conhecemos, claro).

A essa altura, por sinal, a Via Láctea será bem diferente. Ela já terá colidido com a vizinha galáxia de Andrômeda e se transformado em "Lactômeda", uma galáxia muito maior que a atual. É o destino das galáxias idosas. Além desse impacto gigante, haverá outros menores, com galáxias anãs vizinhas. No final das contas, só haverá uma galáxia nos arredores. E, com o tempo, isso é tudo que estará ao nosso alcance.

UNIVERSOS-ILHAS

Desde o Big Bang, o Universo está em expansão. E agora num ritmo cada vez mais acelerado. Na prática, isso implica que todas as galáxias estão se afastando umas das outras – exceto aquelas suficientemente próximas para formar "grupos locais", mantidos pela gravidade. Esses agrupamentos tendem a colidir e formar uma só galáxia – no nosso caso, uma "Lactômeda".

Só que, afora esses agrupamentos, a expansão prossegue – e em ritmo acelerado. De início, os cientistas imaginavam que a gravidade, que atrai uma galáxia em direção à outra, iria frear o ritmo com que o Universo se espalha. Nada mais natural. Mas não é o que acontece. Desde os anos 90 os astrônomos sabem que a realidade é outra. Estudando supernovas distantes, eles descobriram uma misteriosa "ener-

GIGANTES SOZINHAS
Depois dessa batida (e de outras, com vizinhas menores), surge nossa nova galáxia, a "Lactômeda". Respeitando a expansão do Universo, ela continua se afastando dos outros conglomerados.

gia escura", uma força que ninguém sabe o que é, mas que se faz sentir nas maiores escalas do Universo. Ela assumiu o controle da expansão e está contra-atacando a força da gravidade, fazendo com que o cosmos fique cada vez maior.

Esse afastamento das galáxias terá efeitos práticos para nós. O astrofísico Abraham Loeb, do Centro Harvard-Smithsonian para Astrofísica, em Cambridge, nos Estados Unidos, realizou simulações sobre o fim do Universo, e as perspectivas, do ponto de vista humano, não são animadoras. Em 50 bilhões de anos, mesmo os melhores equipamentos só conseguirão detectar uma meia dúzia de galáxias próximas – hoje conseguimos enxergar mais de 100 bilhões. "E, quando o Universo tiver dez vezes a sua idade atual, tudo estará além do nosso horizonte, exceto o que estiver em nossa própria galáxia", diz Loeb. Será a realização da hipótese aventada pelo filósofo Immanuel Kant, lá no século 18, de que cada galáxia seria como um "universo-ilha".

E essa é apenas uma das consequências naturais do envelhecimento do nosso Universo. Outra está ligada à segunda lei da termodinâmica, aquela que descreve um fenômeno conhecido como entropia. A ideia é simples: entropia é o que impede o ar que você está respirando agora de subitamente ir se acumular todo na sala ao lado e deixar você no vácuo. Em outras palavras, é a tendência natural que tudo no cosmos parece obrigado a ser mais e mais diluído, distribuído por igual, em toda parte.

Essa diluição também afeta as estrelas. Elas se formam em nuvens de gás bem densas. Mas, com o tempo, a entropia espalha o gás. E aí fica cada vez mais difícil nascerem novos astros como o Sol. Universo afora, só existirão cadáveres estelares. E eles mesmos acabarão tragados pelos mais estranhos objetos que existem – os buracos negros, aqueles ralos cósmicos com uma gravidade tão intensa que nem a luz consegue escapar. Daqui a 10 mil trilhões de trilhões de trilhões de anos vão sobrar só eles. Todos bem gordos, com massa pelo menos 1 bilhão de vezes maior que a do Sol – isso que dá comer um Universo inteiro... Mas nem mesmo os buracos negros vivem para sempre.

O FIM DO FIM

Alguns físicos especulam que os buracos negros sejam berçários para o nascimento de outros Universos. Mas a única coisa que sabemos com certeza é que eles marcarão o fim deste aqui, pois nem eles são imunes à entropia. A descoberta veio do físico britânico Stephen Hawking. Em 1974, ele calculou que os buracos negros emitem uma forma sutil de radiação. Um calorzinho equivalente a bilionésimos de graus Celsius, o suficiente para manter o espaço em volta dele acima do zero absoluto (-273 °C). Claro que, conforme o Universo caminha para essa diluição completa, fica mais difícil para uma civilização arranjar energia.

Talvez o último passo na existência da vida seja se instalar nas imediações de um buraco negro, alimentando-se de radiação Hawking. Só que essa força também vai acabar. Isso de emitir radiação vai consumindo a massa do buraco negro bem devagar. Mas sempre. E daqui a uns 10^{100} anos (o número 1 seguido de 100 zeros) todos eles já terão evaporado. E o Universo estará morto de vez. Tudo aquilo que já formou você, as montanhas, as estrelas e tudo o mais será uma coisa só: um mar escuro de energia. Um mar cada vez mais frio, inerte. Sem nada nem ninguém para acender a luz. S

Produção Ina Ramos

5g é o **peso** de um lápis comum. Use para escrever **suas ideias de peso.**

A madeira usada é PINUS.
Mas já existem lápis feitos de plástico.

É feito de uma mistura de ARGILA tratada com grafite moído.

OS HOMENS DAS CAVERNAS usavam varas queimadas para fazer pinturas rupestres. Eram as antepassadas dos LÁPIS.

A primeira patente de apontador foi registrada por um francês, **Bernard Lassimonne, em 1828.**
Esse deve ter ficado rico...

Em latim, vem de **"LAPIDIS"**, que significa **"PEDRA".**
Essa tá duro de acreditar...

LÁPIS

Na água, não afunda.

Escreve debaixo d'água e no espaço.

Lápis-lazúli é o nome de uma pedra azul, usada na Índia desde antes de **7000 a.C.**

O lápis mais comprido do mundo tem 323,51 m e foi criado pelo inglês Ed Douglas Miller.
Para textos longos...

Você vai precisar de um pra passar no vestibular.

O grafite foi descoberto no **século XVI,** em Borrowdale, **na Inglaterra.**

UM OLHAR INTELIGENTE **MUDA TUDO.**

VESTIBULAR 2015 INSCRIÇÕES ABERTAS

Se pensar bem,

SÃOJUDAS UNIVERSIDADE

Entre as 5 melhores universidades da cidade de São Paulo.

Os mais altos índices do MEC, ENADE, IDD e CPC.

Mais de **90%** dos professores mestres e doutores.

46 cursos de graduação.

Bolsas de até **40%** por todo o curso.

151 laboratórios.

Programa de Financiamento Estudantil FIES.

Bibliotecas com mais de **160** mil volumes.

vestibularsaojudas.com.br

INSCREVA-SE JÁ. PROVA 07/12/2014

Pra bater um papo:
(11) 2799-1677

PREFERE PELO CELULAR?
Add a gente no WhatsApp:
(11) 99297-2222
2ª a 6ª 8h às 20h30 | Sábado 8h às 12h

VEM VER ONDE VOCÊ VAI ESTUDAR.
Unidade Butantã: Av. Vital Brasil, 1000
Unidade Mooca: Rua Taquari, 546
Perto das estações Butantã e Bresser-Mooca do metrô.

CURTA A GENTE,
QUE A GENTE CURTE VOCÊ.
usjtoficial

EM 140 CARACTERES:
usjtoficial

SUA NOVA VERSÃO
ESTÁ DISPONÍVEL.

Sincronize novos conhecimentos e tenha um futuro de destaque.
UniSant'Anna, conectada em você!

VESTIBULAR
2015

Acesse:
unisantanna.br

GODIVAPROPAGANDA.com.br

/unisantanna

unisantanna.br

11 2175 8000

UniSant'Anna

Unidade Santana - R. Voluntários da Pátria, 421 - próximo ao metrô Portuguesa-Tietê
Unidade Aricanduva - Av. Aricanduva, 5.555 - Dentro do Shopping Aricanduva

ANDROID APP ON Google play

Download on the App Store